Pensamiento, resolución de problemas y cognición

Richard E. Mayer

Cognición
y desarrollo humano

Paidós

Biblioteca COGNICION Y DESARROLLO HUMANO/12
Dirigida por César Coll

Títulos publicados:

1. S. Moscovici - *Psicología social, I*
2. S. Moscovici - *Psicología social, II*
3. J. Bruner - *El habla del niño*
4. S.E. Hampson - *La construcción de la personalidad*
5. D.A. Norman - *Perspectivas de la ciencia cognitiva*
6. K. Kaye - *Vida mental y social del bebé*
7. R. Schank y R. Abelson - *Guiones, planes, metas y entendimiento*
8. R.J. Sternberg - *Inteligencia humana, 1. La naturaleza de la inteligencia y su medición*
9. R.J. Sternberg - *Inteligencia humana, 2. Cognición, personalidad e inteligencia*
10. R.J. Sternberg - *Inteligencia humana, 3. Sociedad, cultura e inteligencia humana*
11. R.J. Sternberg - *Inteligencia humana, 4. Evolución y desarrollo de la inteligencia*
12. R.E. Mayer - *Pensamiento, resolución de problemas y cognición*

RICHARD E. MAYER

PENSAMIENTO, RESOLUCION DE PROBLEMAS Y COGNICION

Ediciones Paidós
Barcelona - Buenos Aires - México

Título original: *Thinking, Problem Solving, Cognition*
Publicado en inglés por W.H. Freeman and Company, Nueva York y Oxford

Traducción de Graziella Baravalle
Supervisión de César Coll

Cubierta de Ferran Cartes

1.ª edición, 1986

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de este libro puede ser reproducida, transmitida o almacenada, sea por procedimientos mecánicos, ópticos o químicos, incluidas las fotocopias, sin permiso del propietario de los derechos.

© 1983 by W. H. Freeman and Company
© de todas las ediciones en castellano,
Ediciones Paidós Ibérica, S.A.;
Mariano Cubí, 92; 08021 Barcelona;
y Editorial Paidós, SAICF;
Defensa, 599; Buenos Aires.

ISBN: 84-7509-399-X
Depósito legal: B-26.553/1986

Impreso en Limpergraf, S.A.,
c/. del Río, 17; Ripollet (Barcelona)

Impreso en España - Printed in Spain

Dedicado a
Beverly
y Kenny, David y Sarah

Indice

Prefacio 11

Primera parte

PERSPECTIVA HISTORICA

1. Los comienzos 17
2. Asociacionismo: El pensamiento como aprendizaje por refuerzo . 33
3. La Gestalt: El pensamiento como reestructuración de problemas 53
4. El significado: El pensamiento como representación de problemas 91

Segunda parte

TAREAS BASICAS DEL PENSAMIENTO

5. La inducción de reglas: El pensamiento como verificación de una hipótesis 109
6. El razonamiento deductivo: El pensamiento como deducción de conclusiones lógicas 145

Tercera parte

ANALISIS DE LA COGNICION COMO PROCESAMIENTO DE INFORMACION

7. Simulación de computadoras: El pensamiento como búsqueda de una vía de solución 187
8. Cronometría mental: El pensamiento como una serie de operaciones mentales 221
9. Teoría de los esquemas lógicos: El pensamiento como un esfuerzo en pos del significado 245
10. Respuesta a las preguntas: El pensamiento como búsqueda en la memoria semántica 277

Cuarta parte

IMPLICACIONES Y APLICACIONES

11. Desarrollo cognitivo: Influencia del crecimiento sobre el pensamiento 301
12. Inteligencia: El pensamiento como capacidad mensurable 345
13. Formación para la creatividad: El pensamiento como una destreza adquirible 375
14. Resolución de problemas matemáticos: El pensamiento basado en el conocimiento de un campo específico 405

Bibliografía 441
Indice analítico 469
Indice de nombres 475

Prefacio

Cuando escribí *Thinking and Problem Solving* (Pensamiento y resolución de problemas) en 1977, representó algo único. Fue un libro de texto que hacía una revisión de la parte cognitiva de la psicología cognitiva, que tenía un alcance histórico y al mismo tiempo estaba actualizado, y que estaba escrito para el estudiante que se iniciaba en la materia. La buena acogida que recibió confirmó su necesidad.

Ha sido un placer ver cómo *Thinking and Problem Solving* se utilizaba en casi 200 universidades, colegios y escuelas comunales. Agradezco tantas comunicaciones como recibí por parte de instructores y estudiantes aunque a veces hayan creado puntos de desacuerdo. Este libro se ha traducido también al japonés, alemán, español y portugués.

El lector se preguntará por qué, con tanto éxito, escribí un nuevo libro. La razón es la explosión virtual de la investigación y la teoría en el área de la resolución de problemas en los últimos años. En contraste con el lento movimiento de este campo en el pasado, desde que comencé a preparar el primer manuscrito hace seis años, el estudio sobre la resolución humana de problemas ha experimentado un crecimiento sustancial.

Es posible apreciar el crecimiento de la información respecto de la resolución de problemas si se considera que podemos dividir la psicología cognitiva en tres grandes grupos: percepción, memoria y cognición. La historia del trabajo moderno en psicología cognitiva ha mostrado que las herramientas analíticas de la psicología del procesamiento de información se han aplicado a tó-

picos que seguían el orden recién indicado. Las primeras brechas se abrieron en el análisis cognitivo de la percepción, como lo testimonia el libro de NEISSER *Cognitive Psychology* (1967). Las siguientes se produjeron en el análisis cognitivo de la memoria humana, como lo muestra KLATZKY en *Human Memory* (1975, 1980). Por último, el poder analítico de la psicología cognitiva se ha aplicado al nivel superior de la vida cognitiva, la cognición. *Pensamiento, resolución de problemas y cognición* aporta una revisión actualizada de este último período.

Si el lector ya conoce *Thinking and Problem Solving* este libro le resultará familiar, pues tiene el mismo objetivo: introducir al estado actual, el lado cognitivo de la psicología cognitiva. Mantiene el mismo estilo y presupone que el lector no tiene experiencia previa en psicología cognitiva. El público es el mismo: estudiantes que siguen cursos de psicología cognitiva, aprendizaje y memoria, resolución de problemas, psicología educacional o bien cursos de matemáticas o ingeniería que implican resolución de problemas. Puesto que abarca el aspecto cognitivo, este libro se puede utilizar junto con libros que enfaticen el tema memoria, como el libro de KLATZKY *Human Memory* (1980).

Pensamiento, resolución de problemas y cognición está dividido en cuatro partes:

Perspectiva histórica (capítulos 1 al 4) introduce las teorías clásicas de la resolución de problemas: el asociacionismo y la teoría de la Gestalt.

Tareas del pensamiento básico (capítulos 5 y 6) presenta la investigación y las teorías concernientes a dos tipos específicos de resolución de problemas: la inducción y la deducción.

Análisis del procesamiento de la información en la cognición (capítulos 7 al 10) presenta las técnicas para analizar las estrategias de resolución de problemas, capacidades cognitivas y conocimiento verbal.

Implicaciones y aplicaciones (capítulos 11 al 14) incluye ejemplos de la aplicación de las técnicas y descubrimientos de la psicología cognitiva a problemas tan reales como el desarrollo cognitivo humano, la descripción de diferencias en la capacidad intelectual, la enseñanza de una resolución de problemas creativa, y la resolución de problemas matemáticos.

Todo el material del libro anterior (*Thinking and Problem Solving*) ha sido refundido, reorganizado y actualizado. Los tres nuevos capítulos de *Pensamiento, resolución de problemas y cognición* representan áreas que se han desarrollado mucho en los últimos años. «La inteligencia» (capítulo 12) muestra cómo las teorías de la psicología cognitiva pueden actualizarse para describir diferencias individuales en capacidad mental. «Formación para la creatividad» (capítulo 13) explora la naturaleza de la creatividad y presenta técnicas para ayudar a las personas a resolver mejor los problemas. «Resolución de problemas matemáticos» (capítulo 14) muestra cómo la psicología cognitiva puede aplicarse a la enseñanza de resolución de problemas en los cursos de matemáticas.

Los lectores habrán de ser tolerantes con la falta de conclusiones definitivas. Aunque el campo de la cognición humana ha recibido últimamente una gran atención, sigue en estado de cambio. Ningún enfoque particular puede aportar orden al campo entero. En lugar de intentar organizar artificialmente el libro alrededor de un tema que aún no ha surgido, he intentado presentar una evaluación honesta de lo que se sabe hasta ahora acerca de la resolución humana de problemas. De modo que he escrito cada capítulo como una reseña limitada de un tópico específico y al mismo tiempo he señalado las interrelaciones entre los capítulos.

Además de los agradecimientos que presenté en *Thinking and Problem Solving*, me gustaría dar las gracias por sus esfuerzos a W. Hayward Rogers y al equipo de W. H. Freeman y Cía. Este libro debe mucho a la capacidad de compilación de Judith Wilson, Pat Brewer y Pat Tompkins, a las habilidades mecanográficas de Nancy Fraser y a las capacidades gráficas de Nancy Bendict. Agradezco también los consejos de los correctores anónimos del manuscrito. Aunque no pueden considerarse responsables de los fallos del libro, son claramente responsables de muchas mejoras. Este libro también ha obtenido beneficios de mi reciente año sabático en el *Learning Research and Development Center* de la Universidad de Pittsburgh. En este centro tuve la oportunidad de trabajar junto con Jim Greeno, Lauren Resnick, Bob Glaser, Jim Voss, Micki Chi y otros, y con Jill Larkin en la Universidad Carnegie-Mellon. Ellos me ayudaron a comprender todo lo que aún debo aprender sobre la resolución humana de problemas. Por último agradezco muchísimo la ayuda de mi familia; el interés de mis padres, James y Bernis Mayer, y de mis hermanos Robert y Bernie Mayer, fue un gran estímulo. También la paciencia de Beverly, Kenny, David y Sarah, hizo posible este libro. Una vez más se los dedico con amor.

Enero 1983

RICHARD E. MAYER

Primera parte

PERSPECTIVA HISTORICA

Los capítulos 1 al 4 constituyen una historia concisa de los primeros acercamientos de la investigación psicológica a la resolución de problemas. El capítulo 1 conduce al lector desde los comienzos de la psicología científica a fines de 1800, hasta la primera gran escuela de investigación de la resolución de problemas a principios de 1900, la escuela de Wurzburg. El fracaso de la escuela de Wurzburg para desarrollar métodos rigurosos y teorías útiles condujo a dos reacciones bastante diferentes: el asociacionismo y la teoría de la Gestalt sobre el pensamiento. El capítulo 2 introduce al lector en la teoría asociacionista del pensamiento, que alcanzó su máxima popularidad entre los años 1920 y 1950. Como se verá, la teoría asociacionista pone el énfasis en las conductas emitidas por alguien que está resolviendo un problema y en cómo un elemento en una cadena de

resolución de un problema está asociado con el otro. Los capítulos 3 y 4 familiarizan al lector con la teoría de pensamiento de la Gestalt, que fue muy popular entre 1920 y 1940. La teoría de la Gestalt pone el acento en el rol de comprensión y de organización mental de elementos en una estructura total.

El plan de investigación sugerido desde el capítulo 1 al 4 consiste en adoptar la perspectiva teórica en algún campo desarrollado en psicología, como por ejemplo la percepción, y luego aplicar ese enfoque a un campo poco estudiado como el de la resolución de problemas. Dado que el estudio del aprendizaje ha avanzado mucho bajo la óptica asociacionista, algunos psicólogos tomaron en préstamo el enfoque asociacionista para el estudio de la resolución de problemas. De manera similar, puesto que el estudio de la percepción había progresado con un enfoque guestáltico, algunos psicólogos tomaron en préstamo el enfoque de la Gestalt para estudiar la resolución de problemas. Los resultados, tareas, métodos y explicaciones de cada capítulo están basados en el enfoque teórico particular de cada uno de ellos.

En los capítulos 1 al 4 el lector comprenderá cómo las teorías asociacionistas y de la Gestalt aportaron los primeros marcos para describir el proceso del pensamiento. Aunque estos enfoques ya no tienen vigor en sus formas «puras», sería un error dejar de lado estos capítulos como si sólo tuvieran un interés histórico. Para comprender lo que sucede hoy en la psicología cognitiva es necesario comprender lo que sucedió ayer. Las teorías y los resultados actuales no están divorciados de las más antiguas tradiciones asociacionistas y guestálticas. Si se va hasta las raíces de una teoría moderna, se encontrarán capas de su carácter más profundo de tipo asociacionista o guestáltico. De modo que, aunque las escuelas asociacionistas y de la Gestalt ya no dominan el campo, sus temas subyacentes y sus concepciones se encuentran aún en el seno de la psicología cognitiva contemporánea.

1 Los comienzos

Definición de términos básicos
El estudio del pensamiento
Temas principales de la psicología del pensamiento
Fundamentos históricos de la psicología del pensamiento

La tarea de introspección

En seguida se le presentará al lector una palabra y una pregunta sobre esa palabra. Su trabajo será decir la primera respuesta que se le ocurra y luego describir todos los detalles del proceso de pensamiento que lo condujo a esa palabra.

La palabra prueba es MORDER, y la pregunta es ¿Cuál es la CAUSA? Ahora el lector debe describir el proceso que lo condujo a la palabra que contestó.

Si la palabra que se le ocurrió es «perro», la respuesta del lector corresponde a la que obtuvo el psicólogo alemán Otto Selz a principios de 1900 (HUMPHREY, 1963). El lector debe mirar la parte superior del cuadro 1-1 para ver cómo el sujeto de Selz describió su cadena de pensamiento. Observará que lo que primero apareció fue la imagen de una pierna herida y a continuación las palabras «los perros muerden». ¿También experimentó el lector una imagen mientras estaba pensado?

Ahora el lector deberá intentarlo con la palabra POEMA. ¿A qué categoría más amplia pertenece? Una respuesta típica al experimento de Selz es «obra de arte» y las introspecciones de un sujeto acerca de cómo se había derivado la palabra se encuentran en el cuadro 1-1. El lector deberá observar que en el pensamiento del sujeto acerca de este problema no hay imágenes. ¿Experimentó el lector alguna imagen?

Por último, intente el lector describir su proceso de pensamiento para la palabra PARROCO. ¿Cuál es la ocupación? Las reflexiones de un sujeto típico aparecen en el cuadro 1-1. La respuesta de este sujeto fue «capellán» (recuérdese que estas reflexiones son traducciones del alemán) y tampoco aquí hubo imágenes.

* * *

Estas tareas son ejemplos del primer tipo de estudios experimentales sobre los procesos del pensamiento humano jamás realizados. El método se denomina *introspección* porque el que piensa debe inspeccionar sus propios acontecimientos mentales y relatarlos al experimentador. Mucho antes del nacimiento de la psicología los seres humanos indudablemente realizaban la introspección, tal vez intentando comprenderse a sí mismos, pero sólo a comienzos de este siglo el método de la introspección fue llevado al laboratorio experimental y aplicado sistemáticamente al estudio del pensamiento humano. Volveremos a hablar de la introspección más adelante.

Definición de términos básicos

Para estudiar eficazmente los procesos cognitivos humanos es útil definir términos básicos como *problema* y *pensamiento*.

Problema

Si bien expresan los términos diferentemente, la mayoría de los psicólogos concuerdan en que un problema tiene ciertas características:

Datos — El problema tiene en un primer momento determinadas condiciones, objetos, trozos de información, etcétera, que están presentes al comienzo del trabajo en el problema.

Objetivos — El estado deseado o terminal del problema es el estado de alcanzar el objetivo, y el pensamiento deberá transformar el problema desde el estado inicial dado al estado terminal.

Obstáculos — El que piensa tiene a su disposición algunas vías para modificar el estado dado o el estado terminal del problema. Sin embargo, todavía no sabe la respuesta correcta; es decir, la secuencia correcta de comportamientos que resolverían el problema no es inmediatamente obvia.

Cuadro 1-1 Método de introspección

Problema 1

Morder. ¿Causa?

«Tan pronto como hube leído las [palabras] la busqueda comenzó. Tuve una imagen de una pierna con una herida y no vi nada más. Entonces "perro" se me presentó en la forma de una idea, con la conciencia de que los perros muerden» (1963, pág. 138).

Problema 2

Poema. ¿A qué *categoría más amplia* pertenece?

«Una vez más, inmediatamente tuve una comprensión plena de la [pregunta]. Entonces tuve de nuevo una impresión intensa, de la fijación simbólica de lo que se busca; luego el recuerdo fugaz del arte, la poesía, etcétera. La palabra "arte", creo, en términos motores-auditivos. Al momento tuve la idea de que no podía subsumir la poesía en el arte sino sólo bajo la producción artística. En todo este proceso, estoy seguro, no aparecieron palabras ni imágenes; entonces dije: "obra de arte"» (pág. 137).

Problema 3

Párroco. ¿Cuál sería una *ocupación equivalente*?

«Leí las palabras sucesivamente y con comprensión. Inmediatamente vino a mi conciencia que algo [equivalente] me era muy familiar. Entonces vino la palabra "capellán", hablada para mis adentros. Es cierto que la conciencia de la familiaridad de la solución precedió la hasta entonces no realizada aparición de la palabra "capellán"» (pág. 134).

De Humphrey (1963)

En resumen, cualquier definición de «problema» debería consistir en tres ideas: 1) el problema está actualmente en un estado, pero 2) se desea que esté en otro estado, y 3) no hay una vía directa y obvia para realizar el cambio. Esta definición es lo suficientemente amplia como para incluir problemas pertenecientes a la geometría (Polya, 1957), al ajedrez (Newell y Simon, 1972) o a los acertijos (Reitman, 1965).

Reitman (1965) analizó posteriormente cuatro categorías de problemas según lo bien que estuvieran especificados el estado inicial y el final.

Estado inicial bien definido y estado final bien definido: «¿Cómo se podría convertir la oreja de una cerda en una cartera de seda?» Obsérvese, sin embargo, que aunque el estado dado (oreja de cerda) y el es-

tado final (cartera de seda) están claramente especificados en este problema, hay una grave carencia de vías posibles para solucionarlo.

Estado inicial bien definido y estado final mal definido: «¿Cómo se podría volver a diseñar el Cadillac El Dorado para obtener un mejor kilometraje en gasolina?» El estado dado, el automóvil, está claramente designado, pero ¿qué quiere decir exactamente «mejor kilometraje en gasolina»?

Estado inicial mal definido y estado final bien definido: «Explique los mecanismos responsables de las manchas solares». El objetivo, «manchas solares», es claro, pero el estado inicial que causa este objetivo no lo es.

Estado inicial y estado final mal definidos: «¿Qué es rojo y hace chuf-chuf?» La respuesta es «una manzana fuera de borda» y puede culparse a Reitman por este problema.

GREENO (1978) ha sugerido una tipología tripartita de problemas:

1. *Problemas de estructura inductora* — Se dan varias instancias y quien resuelva el problema debe descubrir la norma o modelo implícito. Los ejemplos incluyen problemas de compleción de series (como las que se describen en el capítulo 5) o problemas de analogía (véase el capítulo 12).
2. *Problemas de transformación* — Se da un estado inicial y el que resuelva el problema debe hallar una secuencia de operaciones que produzca el estado final. Los ejemplos incluyen los problemas de la jarra de agua (en el capítulo 3) o los problemas de la torre de Hanoi (descritos en los capítulos 4 y 7).
3. *Problemas de ordenamiento* — Se dan todos los elementos y el que resuelva el problema debe ordenarlos de forma tal que resuelva el problema. Los ejemplos incluyen problemas de anagramas (véase capítulo 2) y problemas criptoaritméticos (descritos en los capítulos 3 y 7).

Como lo señala Greeno, no todos los problemas pueden ser clasificados con precisión en uno de estos tres tipos. En cambio, muchos de los problemas más interesantes incluyen aspectos con diversos tipos de problemas.

El pensamiento y la resolución de problemas

Existen muchas definiciones de *pensamiento*, *resolución de problemas* y *cognición*, pero este libro usará los tres términos indistintamente basándose en una definición única, general y común a los tres. Desafortunadamente, comenzamos con una grave falta de acuerdo entre los psicólogos acerca de si el pensamiento debería ser definido como un proceso conductal externo o como un proceso interno, cognitivo. El argumento conductista es que la ciencia de la psicología sólo debe tratar con comportamientos empíricos y observables como datos primarios; los estados o procesos internos no pueden ser observados directamente y por lo tanto no pertenecen a la psicología. Los conductistas consideran que una concepción del pensamiento como proceso interno sin relación con el comportamiento sería inútil; por ejemplo, una crítica famosa a una temprana teoría cognitiva sobre el aprendizaje de las ratas en el laberinto fue que la rata era «dejada encerrada en su pensamiento en el punto de elección»: que no había relación entre los mecanismos internos y los acontecimientos externos observables. En esta concepción, las definiciones psicológicas deben estar firmemente vinculadas al comportamiento. El argumento cognitivo, por otra parte, es que la conducta es meramente la manifestación o el resultado del pensamiento y que por lo tanto las definiciones psicológicas deben estar firmemente vinculadas a los mecanismos subyacentes a la conducta.

Un compromiso que aceptan muchos, pero no todos los psicólogos que estudian el pensamiento, es que conceptos como procesos cognitivos, internos, tienen un lugar en la psicología si y sólo si generan predicciones claramente comprobables, es decir, si sugieren predicciones observables respecto a la conducta humana. En resumen, una definición general de pensamiento incluye tres ideas básicas:

1. El pensamiento es *cognitivo* pero se infiere de la conducta. Ocurre internamente, en la mente o el sistema cognitivo, y debe ser inferido indirectamente.
2. El pensamiento es un *proceso* que implica alguna manipulación de, o establece un conjunto de operaciones sobre el conocimiento en el sistema cognitivo.
3. El pensamiento es *dirigido* y tiene como resultado la «resolución» de problemas o se dirige hacia una solución.[1]

En otras palabras, el pensamiento es lo que sucede cuando una persona resuelve un problema, es decir, produce un comportamiento que mueve al individuo desde el estado dado al estado final, o al menos trata de lograr ese cambio. Así, JOHNSON (1972) define el pensamiento como «resolución de problemas» y similarmente POLYA (1968, pág. IX) sugirió que la resolución de problemas está basada en procesos cognitivos que tienen como resultado «encontrar una salida a una dificultad, una vía alrededor de un obstáculo, alcanzando un objetivo que no era inmediatamente alcanzable». Lo que resta de este libro intenta lograr una definición general de pensamiento más específica si bien,

1. Algunos tipos de pensamiento pueden no estar dirigidos, como el pensamiento autista, el soñar despierto, o el pensamiento fragmentario de los esquizofrénicos; sin embargo, este libro sólo tratará por lo general con el pensamiento normal y dirigido.

como se verá, actualmente no hay acuerdo ni en una definición de pensamiento ni sobre qué mecanismos subyacen exactamente al pensamiento.

Otros términos que se utilizan en el estudio del pensamiento, tales como *inducción, deducción* y *razonamiento* tienen significados más restringidos que los que hemos discutido y pueden ser considerados como subconjuntos del pensamiento. La inducción, que examinaremos en el capítulo 5, se refiere a situaciones en que a un pensador se le da un conjunto de ejemplos a partir de los cuales debe «saltar» a la creación de una regla general; la deducción se refiere a una situación en la cual el que piensa recibe un conjunto de reglas generales y debe extraer una conclusión lógica, como veremos en el capítulo 6. La inducción y la deducción son dos tipos de razonamiento.

El estudio del pensamiento

Las personas están dotadas de un número de procesos cognitivos básicos que, si bien estrechamente relacionados, han sido separados y estudiados individualmente por los psicólogos. Estos procesos cognitivos incluyen: sensación y percepción (recepción y reconocimiento de la entrada de estímulos), aprendizaje (codificación del *input* de información), memoria (recuperación del *input* de información) y pensamiento (manipulación de la información percibida, aprendida y recordada). Estos tópicos forman el núcleo de lo que se ha dado en llamar *psicología cognitiva* y en la medida en que cada uno incluye una manipulación activa de información, cada uno implica pensamiento. Bruner (1973) enfatizó el rol de la resolución de problemas en la memoria y el aprendizaje, sugiriendo que la percepción implica «ir más allá de la información dada». Bartlett (1932) subrayó el papel de la resolución de problemas en la memoria y el aprendizaje sugiriendo que aprender y recordar requieren un «esfuerzo en pos del significado». El pensamiento también ha sido investigado en muchos otros contextos en psicología incluyendo psicología social (formación y cambio de actitudes), psicología evolutiva (desarrollo cognitivo), personalidad (estilo cognitivo) y en pruebas y mediciones (tests de inteligencia).

El pensamiento es pues un componente de la psicología experimental; mientras que el foco principal se centra en el proceso cognitivo complejo, el pensamiento depende de y es parte de procesos más simples. A causa de que el pensamiento es tan complejo y porque puede estar basado en procesos cognitivos más simples, muchos psicólogos han argumentado que deberíamos comprender primero los procesos cognitivos más bajos o más simples antes de intentar comprender los procesos más complejos o más elevados. Sin embargo siempre hubo psicólogos que ignoraron estas advertencias y que se sintieron en el desafío de estudiar uno de los logros supremos de la especie humana, la facultad de pensar y tratar con un aprendizaje complejo:

> ...Este tema ha fascinado a los psicólogos dentro y fuera del laboratorio. Lo han roído como un perro roe un hueso. Siempre estaba allí, algunas veces enterrado, otras extraído y expuesto a la luz, nunca bastante masticado o digerido, y nunca olvidado. Incluso los Wundts y los Hulls se prometieron a sí mismos volver al problema tarde o temprano mientras que aconsejaban paciencia y atención a los problemas más simples que parecían contener los principios necesarios para develar las complejidades del pensamiento humano. Pero todo Wundt en psicología tenía un Bühler, todo Hull un Wertheimer: psicólogos impacientes en el enfoque programático por etapas, que no querían esperar la solución de lo simple y deseosos de sumergirse en las complejidades y maravillas del pensamiento humano plenamente desarrollado [Mandler y Mandler, 1964, pág. 1].

Temas principales de la psicología del pensamiento

La psicología del pensamiento y del aprendizaje complejo ha mantenido una posición regular, si bien modesta, en la corriente dominante en la psicología ya desde que William James (1890) incluyera un capítulo sobre el razonamiento en su famoso libro de texto. Sin embargo el tema nunca fue completamente unificado ni bien comprendido, y el conocimiento básico sigue siendo difícil de definir. Existen ahora, sin embargo, signos alentadores de que se ha realizado algún progreso desde que Humphrey afirmó (1963, pág. 308) sobre los primeros cincuenta años de trabajo de los psicólogos experimentales en el campo del pensamiento: «Cincuenta años de experimentos sobre psicología del pensamiento o del razonamiento no nos han llevado demasiado lejos, pero al menos nos han señalado el camino que debemos recorrer».

Los nuevos caminos recorridos desde la crítica de Humphrey incluyen excitantes descubrimientos en un enfoque del tipo de procesamiento de la información considerando la cognición como una simulación computerizada del pensamiento humano (cap. 7), nuevas teorías de representación semántica de la memoria (cap. 10), y el renovado interés de los psicólogos norteamericanos en el trabajo cognitivo motivado ampliamente por el trabajo de Piaget (cap. 11). Las antiguas vías que siguen estimulando viajes posteriores incluyen el enfoque de la Gestalt a la resolución de problemas basado en la idea de que el pensamiento implica la «reestructuración» de un problema (caps. 3 y 4), el estudio del aprendizaje de conceptos, que sugiere que la comprobación de las «hipótesis» debe ser una parte del pensamiento (cap. 5) y el enfoque asociacionista del pensamiento, que se basa en el principio del aprendizaje por refuerzo (cap. 2).

Este libro, pues, está organizado en catorce capítulos, y cada uno de ellos trata de una vía principal o una vía lateral en el estudio del pensamiento. Los primeros cuatro capítulos consisten en una perspectiva histórica que muestra al lector los antiguos caminos.

- *Capítulo 1 (Los comienzos)* define los términos clave y hace un resumen de la historia temprana de la investigación sobre el pensamiento.
- *Capítulo 2 (Asociacionismo)* investiga la idea de que el pensamiento está basado en el principio del aprendizaje por refuerzo. Incluye investigaciones clásicas como el trabajo de Thorndike sobre los gatos en una caja rompecabezas así como investigaciones más recientes, como el análisis de la solución de anagramas y los correlatos fisiológicos del pensamiento.
- *Capítulo 3 (Gestalt)* investiga la idea de que el pensamiento implica la reestructuración de los elementos del problema en una nueva forma; se presentan los famosos experimentos de la Gestalt sobre el *insight* (introvisión, intuición) y la rigidez en la resolución de problemas y el trabajo actual en el análisis de los estadios en la resolución de problemas.
- *Capítulo 4 (Significado)* considera un refinamiento del enfoque guestáltico que describe al pensamiento como un proceso que relaciona el problema nuevo con las ideas o experiencias ya familiares al que debe resolver el problema. Se incluyen los estudios clásicos sobre el aprendizaje en sentido de las matemáticas y la solución de rompecabezas matemáticos, así como el trabajo reciente sobre la imaginación en la resolución de problemas.

La segunda parte aporta dos capítulos sobre las tareas del pensamiento que ya han sido muy estudiadas por los psicólogos.

- *Capítulo 5 (Inducción de reglas)* examina la idea de que el pensamiento implica la formación y la comprobación de hipótesis. Describe la investigación original sobre el aprendizaje de conceptos realizada por Hull y Heidbreder y además el trabajo más actualizado sobre las estrategias del aprendizaje de conceptos, el aprendizaje de los modelos seriados, la formación de prototipos visuales y los errores en la inducción.
- *Capítulo 6 (Razonamiento deductivo)* investiga cómo las personas llegan a conclusiones a partir de premisas. Presenta el trabajo clásico sobre deducción y pone énfasis en los trabajos actuales sobre los modelos de razonamiento deductivo.

Los capítulos de la tercera parte explican el enfoque del tipo de procesamiento de información al análisis de los procesos y estructuras de la cognición.

- *Capítulo 7 (Simulación de computadoras)* presenta un análisis de procesamiento de información de las estrategias de resolución de problemas; la simulación de computadora del pensamiento humano se pone de relieve.
- *Capítulo 8 (Cronometría mental)* analiza las capacidades cognitivas; se acentúa la utilización de modelos de procesos como los diagramas de flujo *(flow charts)*.
- *Capítulo 9 (Teoría del esquema)* aporta un análisis del conocimiento verbal, centrándose en cómo la información con sentido es comprendida y almacenada en la memoria.
- *Capítulo 10 (Respuesta a las preguntas)* investiga el problema de cómo las personas buscan en su memoria semántica existente para responder a las preguntas. Los temas tratados incluyen el trabajo reciente sobre la categorización de objetos en la memoria y psicolingüística.

La sección final de este libro cubre las implicaciones y aplicaciones recientes de la investigación en la resolución de problemas, poniendo especial atención en los aspectos prácticos.

- *Capítulo 11 (Desarrollo cognitivo)* presenta las teorías actualmente populares de desarrollo cognitivo basadas en el trabajo de Piaget. Incluye la investigación significativa sobre el desarrollo de la lógica adulta, el desarrollo de las estrategias de procesamiento de la información y sobre si el desarrollo cognitivo puede enseñarse.
- *Capítulo 12 (Inteligencia)* investiga las diferencias individuales en la capacidad intelectual y cómo pueden describirse.
- *Capítulo 13 (Formación para la creatividad)* considera si el pensamiento puede enseñarse como cualquier otra habilidad.
- *Capítulo 14 (Resolución de problemas matemáticos)* trata de las implicaciones de la investigación de la resolución de problemas para el aprendizaje de las matemáticas en el aula.

Fundamentos históricos de la psicología del pensamiento

La filosofía asociacionista

Antes de que la psicología se estableciera como una ciencia experimental a finales del siglo XIX, los temas de la psicología ya estaban bien establecidos dentro del campo de la filosofía de la mente. La filosofía dominante de los pro-

cesos mentales humanos era entonces el *asociacionismo*, la creencia de que la vida mental puede explicarse en términos de dos componentes básicos: ideas (o elementos) y asociaciones (o lazos) entre ellos. El asociacionismo, por lo general, está basado en tres leyes del aprendizaje y la memoria expresadas por el filósofo griego Aristóteles:

Doctrina de la asociación por contigüidad — Acontecimientos u objetos que se producen en el mismo tiempo o espacio quedan asociados en la memoria, de modo que pensar en uno de ellos hace que se piense en el otro.

Doctrina de la asociación por similitud — Los acontecimientos y objetos que son similares tienden a asociarse en la memoria.

Doctrina de la asociación por contraste — Los acontecimientos y objetos que son opuestos tienden a ser asociados en la memoria.

Además, Aristóteles afirmaba que el pensamiento implica moverse de un elemento o idea a otro por medio de una cadena de asociaciones y que tal pensamiento era imposible sin imágenes: «No podemos pensar sin imágenes» (Humphrey, 1963, pág. 31). El dogma de Aristóteles acerca de las imágenes se convirtió luego en un aspecto clave cuando la psicología del pensamiento quedó sometida por primera vez al estudio empírico más que al filosófico.

Los asociacionistas ingleses, liderados por Hobbes y Locke en los siglos xvii y xviii, volvieron a formular los conceptos y principios del asociacionismo, incluyendo las tres leyes de Aristóteles. Su teoría de la vida mental puede resumirse en estas cuatro características principales:

Atomismo — La unidad del pensamiento es la asociación entre dos ideas específicas. Toda la vida mental puede ser analizada en ideas específicas y asociaciones.

Mecanización — El proceso de pensamiento o el movimiento de una idea a otra es automático y está basado fundamentalmente en la fuerza de las asociaciones.

Empirismo — Todo conocimiento, es decir, todas las ideas y asociaciones provienen de la experiencia sensorial. La mente es en un comienzo como una «tabla rasa» y en la que se imprime la reproducción del mundo exactamente como es percibido por los sentidos.

Lo imaginario — Así, el pensamiento es meramente el movimiento automático de un punto al otro a lo largo de los caminos mentales establecidos por medio del aprendizaje, y puesto que cada punto es una experiencia sensorial, el pensamiento debe incluir imágenes (o algún otro tipo de experiencia sensorial).

Wundt: el fundador de la psicología

A finales del siglo xix, se iban aplicando cada vez más los métodos de las ciencias empíricas al estudio del mundo físico, a los planetas y al espacio (astronomía), a los objetos móviles y a los pesos (física), a la superficie de la tierra, el agua y el fuego (química), al mundo de las plantas y animales (biología), e incluso al propio cuerpo (fisiología y medicina). Una de las últimas áreas sometidas al estudio científico fue lo que Wilhelm Wundt llamó «el nuevo dominio de la ciencia», la mente y el comportamiento humanos.

Wundt con frecuencia es identificado como el «padre» de la psicología, y su creación de un laboratorio de psicología en la Universidad de Leipzig en 1879 marca el comienzo de la psicología como ciencia. Wundt sometió algunos de los antiguos temas de la filosofía de la mente a los rigores de la ciencia empírica y al estudio experimental y creó la nueva ciencia sobre el principio de que «toda observación implica... que el objeto observado es independiente del observador» (Mandler y Mandler, 1964, pág. 132).

Wundt también incluyó estos conceptos en el estudio del pensamiento al dividir el estudio de la psicología en dos clases. Los procesos psíquicos simples, como los reflejos, sensaciones y percepciones fisiológicas, que podían ser estudiados por métodos experimentales directos y los procesos psíquicos superiores, acerca de los cuales «nada puede descubrirse en esos experimentos» (Wundt, 1873). Así Wundt decretó que los procesos mentales superiores *no podían* ser estudiados en el laboratorio científico; en cambio podían ser estudiados observando los productos mentales de toda una sociedad, tales como el arte, las narraciones, etcétera. Aunque Wundt demostró que la ciencia puede estar dirigida hacia nosotros mismos, hacia nuestros propios procesos mentales y comportamientos, él fue quien trazó la línea entre el estudio del pensamiento y el aprendizaje complejo. El siglo xix terminó sin que se hubiera comenzado ningún trabajo experimental de importancia en el campo de la psicología del pensamiento humano.[2]

El grupo de Wurzburg

Trabajando contra el dogma de Wundt que prohibía el estudio del pensamiento, un grupo de psicólogos alemanes de la ciudad de Wurzburg intentó por fin a principios de este siglo estudiar experimentalmente los procesos cognitivos humanos. El grupo de Wurzburg se puso a refinar la antigua teoría asociacionista filosófica utilizando el nuevo método experimental de la introspección.

---

2. Una notable excepción fue la excitante monografía de Ebbinhaus *Memory* (1885), que aportó una investigación sólida sobre el aprendizaje y la memoria del material verbal.

En un experimento típico los psicólogos presentaban una palabra a un sujeto, le pedían que hiciera una asociación libre a la palabra, y luego le pedían que describiera el proceso que le había conducido a la respuesta, o bien pedían al sujeto que describiera el proceso de pensamiento respondiendo a alguna pregunta (véase MAYER y ORTH; MARBE; y MESSER en MANDLER y MANDLER, 1964). Un descubrimiento más importante de estos estudios fue un resultado negativo; muchos de los entrevistados informaban que no eran conscientes de haber evocado imágenes en sus asociaciones (véase cuadro 1-1). Este descubrimiento fue llamado «pensamiento sin imágenes».

Un segundo tipo de experimento utilizaba preguntas diferentes para las mismas palabras estímulo. Por ejemplo WATT ([1905] 1964) encontró un modelo diferente de respuesta si presentaba tarjetas donde decía «nombre un conjunto de» o si presentaba «nombre un ejemplo de». En un experimento más elaborado, ACH ([1905] 1964) hipnotizó a personas y mientras estaban bajo los efectos de la hipnosis les ordenaba sumar, restar, multiplicar o dividir números. Luego al salir del estado hipnótico, les daba tarjetas con números pares como 4 y 2 y les pedía que respondieran. Instantáneamente surgían respuestas como 2 u 8, según la sugestión hipnótica, en este caso de dividir o multiplicar. Una conclusión importante a que se llegó en esta línea de investigación fue que el pensamiento está dirigido por alguna «tendencia determinante» que es relevante para un grupo particular de problemas (KULPE [1912] 1964).

El trabajo del grupo de Wurzburg ha sido criticado con justicia: su método de introspección fue rechazado por estar basado más en la experiencia subjetiva que en datos observables; sus resultados eran ampliamente negativos; no tenían teoría. Sin embargo, mostraron que era posible estudiar el pensamiento humano y su trabajo comenzó a arrojar dudas sobre los fundamentos de la filosofía asociacionista puesto que sus resultados mostraron:

Antiatomismo — Los informes preliminares indicaban que los elementos del pensamiento cambiaban a medida que se combinaban.

Antimecanización — Quedó en evidencia que el pensamiento está dirigido y guiado por algún motivo u objetivo humano.

Antiempirismo — Se obtiene evidencia de que la experiencia no es reproducida ni copiada en la mente exactamente como ocurre en el mundo.

Antiimaginario — Las imágenes son particulares, pero los pertenecientes al grupo de Wurzburg encontraron ejemplos de pensamiento abstracto y general y también de «pensamiento sin imágenes».

Selz

Si bien las primeras investigaciones del grupo de Wurzburg comenzaron a oponerse a la filosofía del asociacionismo, las teorías alternativas no se pudieron desarrollar hasta el trabajo de OTTO SELZ ([1913] 1964). Selz utilizó el método de la introspección y ejemplos como los que se muestran en el cuadro 1-1, pero a diferencia de sus predecesores, desarrolló una teoría independiente de imágenes y de asociaciones. Los conceptos principales en la teoría de Selz eran que la unidad del pensamiento es un complejo estructural de relaciones entre pensamientos más que una hilera de respuestas particulares y que el proceso de pensamiento es llenar o completar un hueco en el complejo estructural más que seguir una cadena de asociaciones.

Por ejemplo, en el problema de Benjamin Franklin de cómo llevar la electricidad del relámpago a tierra, Selz afirmó que la solución implicaba el desarrollo de un complejo de ideas, en este caso una cometa como medio de producir contacto entre la tierra y las nubes tormentosas. La solución requería que se llenara el hueco en el complejo con «cometa» para construir una estructura organizada en la cual los objetos tuvieran ciertas relaciones unos con otros. Así, el pensamiento es simplemente la tendencia de un «complejo hacia la compleción».

Las contribuciones de Selz pueden resumirse en tres puntos: confirmó que el pensamiento puede producirse independientemente de las imágenes; produ-

Cuadro 1-2 Momentos históricos en la psicología del pensamiento

400 a.C.	La doctrina aristotélica de la asociación por contiguidad, similaridad y contraste.
1700 d.C.	Los asociacionistas ingleses reformulan el asociacionismo.
1800	1879. Wundt abre el primer laboratorio de psicología pero no estudia el pensamiento.
1900	El grupo de Wurzburg lleva el pensamiento al laboratorio, descubre el pensamiento sin imagenes y las tendencias determinantes.
1910	1913. Selz propone la primera teoria no asociacionista del pensamiento.
1920	Aparición de la psicología de la Gestalt en Alemania.
1930	El conductismo sofoca la investigación americana sobre el pensamiento. El nazismo paraliza la psicología de la Gestalt en Alemania; algunos guestaltistas se trasladan a los EE. UU.
1940	
1950	
1960	Renacimiento del interés por la psicología cognitiva.
1970	
1980	

jo la primera teoría no asociacionista del pensamiento y desarrolló la idea de que el pensamiento implica complejos o todos organizados.

Dos acontecimientos habían influido grandemente en el curso del estudio del pensamiento desde la época de Selz. El surgimiento del nazismo en Alemania puso fin al trabajo de muchos psicólogos de la Gestalt que intentaban hacer avanzar un paso más la teoría de Selz, aunque muchos continuaron su trabajo en otras partes, especialmente en los Estados Unidos. La aparición del conductismo en América, en parte como una reacción contra los abusos del método de la introspección, sólo enfatizó el estudio de los estímulos y respuestas observables; para algunos psicólogos esto significó que los sucesos mentales internos como el pensamiento no podían ser observados y por tanto no debían ser estudiados. Esta concepción retrasó la investigación sobre el pensamiento hasta el actual renacimiento de la psicología cognitiva. Estos acontecimientos se resumen en el cuadro 1-2.

Evaluación

Una de las críticas principales que se pueden hacer a los primeros trabajos sobre el pensamiento es de tipo metodológico. El método de la introspección es muy dificultoso ya que el experimentador debe confiar en los informes del sujeto del experimento. Se adecua a los requerimientos de la ciencia sólo si asumimos que los datos son los informes de los sujetos y no las experiencias de los sujetos. Los informes son observables pues todos pueden verlos y escucharlos, pero las experiencias no lo son. El verdadero problema consiste en que estos informes no tienen mucho que ver con los procesos mentales realmente implicados; es decir, los sujetos pueden no ser capaces de informar acerca de sus propias experiencias cognitivas con precisión. Desde aquella época a principios del siglo XX, se han elaborado métodos mucho más inteligentes para el estudio del pensamiento. Además la introspección ha sido ingeniosamente utilizada y afinada en trabajos recientes sobre simulación de computadoras en un intento de programar las computadoras para comportarse como lo hacen los humanos cuando resuelven problemas.

Una segunda crítica que se puede hacer a los primeros trabajos es de tipo teórico. La teoría asociacionista filosófica era inconsistente respecto de algunos de los descubrimientos del grupo de Wurzburg, pero los primeros psicólogos no propusieron una verdadera alternativa y la teoría de Selz era bastante vaga. El choque entre la teoría asociacionista y el trabajo preguestáltico de Selz está lejos de haber sido resuelto, aunque muchas teorías actuales como el procesamiento de la información puede parecer un compromiso entre ambas.

Por último, nos quedamos con la cuestión de la legitimidad. Si bien actualmente existe un renovado interés por la psicología cognitiva, aún hay cierto cuestionamiento acerca del lugar del pensamiento y del aprendizaje complejo dentro de la psicología. En última instancia la cuestión acerca de si podemos descubrir cómo trabaja la mente humana habrá de resolverse en el laboratorio.

Lecturas recomendadas

HUMPHREY, G.: *Thinking: An introduction to its experimental psychology*, Nueva York, Wiley, 1963. Excelente introducción a las ideas históricas y los descubrimientos en que se basa la moderna psicología cognitiva.

MANDLER, J. M. y MANDLER, G.: *Thinking: From association to Gestalt*. Nueva York, Wiley, 1964. Un conjunto de lecturas condensadas desde los primeros trabajos sobre la psicología del pensamiento.

2

Asociacionismo: El pensamiento como aprendizaje por refuerzo

Definición asociacionista del pensamiento
Pensamiento como conducta encubierta
Familia jerarquizada de hábitos: respuestas estereotipadas
Familia jerarquizada de hábitos: dominancia de las respuestas
Conjunto de resolución de problemas

Tarea del anagrama

Suponga el lector que alguien le presentara las siguientes letras y le pidiera que las reordene para formar una palabra: GANRE. El lector debe tomar un trozo de papel y trabajar con esta palabra.

Existen dos soluciones a este anagrama (que nosotros sepamos). La mayoría de los estudiantes dan la respuesta RANGE (rango) y su tiempo medio de respuesta es de 8 segundos. Una respuesta menos frecuente es ANGER, que lleva un tiempo medio de respuesta de 114 segundos. Si el lector hizo trampa con GANRE puede intentarlo con esta otra antes de leer: TARIL.

Este anagrama tiene también dos soluciones, y el lector deberá intentar encontrar las dos. No debe leer hasta que haya encontrado las dos o se haya dado por vencido. La respuesta más fácil parece ser TRAIL (senda), que lleva unos 7 segundos, y la más difícil es TRIAL (juicio), que lleva cerca de 240 segundos.

Si el lector quiere más anagramas y tiempos medios de solución para divertirse él y sus amigos, puede ver Tresselt y Mayzner (1966). Anagramas como éstos se han utilizado desde hace mucho como rompecabezas mentales, pero hace poco sus soluciones han sido analizadas en experimentos psicológicos. Puesto que cada anagrama de cinco letras tiene 120 arreglos

posibles de letras, resolver anagramas puede considerarse como intentar ordenaciones hasta que una funcione.[1]

* * *

La tarea de la caja rompecabezas

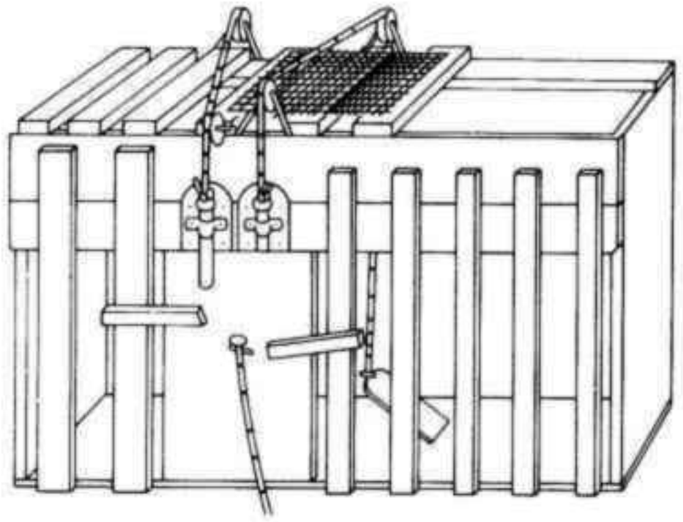
Otra tarea favorita que ha sido muy estudiada implica la resolución de problemas en una caja rompecabezas, una caja cerrada con una puerta de salida como la que se ve en el cuadro 2-1, en la cual el animal debe llevar a cabo cierta respuesta para resolver el problema. En 1898 EDWARD THORNDIKE publicó su famosa monografía, *Animal Intelligence*, en la cual describía el proceso de pensamiento y resolución de problemas. Thorndike colocó un gato en lo que él llamó caja rompecabezas; si el gato producía cierta respuesta como hacer bajar un cabo de cuerda o empujar una palanca, la puerta se abría, le permitía escapar y obtener un alimento colocado allí cerca. Thorndike supuso (correctamente) que a los gatos no les gusta estar encerrados en una caja y que aprecian la posibilidad de salir y comer un bocado.

A partir de estas observaciones de gatos en la caja rompecabezas, Thorndike desarrolló una teoría del pensamiento y la resolución de problemas que constituyó la base de ideas posteriores que en este libro denominamos las teorías *asociacionistas* del pensamiento. Una de las más famosas observaciones de Thorndike fue que los gatos resolvían el problema de la caja por ensayo y error, es decir, que respondían de una forma casi al azar sin demasiada evidencia de ningún pensamiento. El gato podía maullar, o apretar un barrote, o arañar un objeto suelto, o saltar sobre las cosas que había en la caja hasta que accidentalmente daba con la solución requerida para abrir la portezuela. Thorndike observó que la vez siguiente en que el gato era colocado en la caja,

1. Si el lector está desconcertado tratando de imaginarse cómo puede haber 120 posibilidades de ordenamiento para un anagrama de 5 letras, entonces lea esta nota. Si no, puede ahorrársela. Suponga el lector que tiene cinco letras, *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, y cinco espacios en blanco para llenar con cada una de ellas: - - - - -. Escoja una letra y colóquela en cualquiera de los espacios en blanco: tiene cinco posibilidades. Digamos que elige el segundo lugar: - *a* - - -. Ahora quedan cuatro espacios libres para la próxima letra, de modo que sólo tiene cuatro posibilidades. Digamos que el lector decide poner *b* en el espacio cinco: - *a* - - *b*. No importa dónde haya puesto *a*, tiene cuatro posibilidades para *b*; y no importa dónde coloque *b*, le quedan tres posibilidades para *c*. Puede seguir el orden: *c a* - - *b*; quedan ahora dos posibilidades para la letra siguiente. Cuando el lector elige una, digamos *c a d* - *b*, queda sólo un lugar para la letra restante: *c a d e b*. Por lo tanto siempre hay 5 primeras posibilidades, 4 segundas, 3 terceras, 2 cuartas y 1 última posibilidad. Esto asciende a $5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$, o sea 120 formas de ordenar cinco letras en cinco lugares. El número de formas de ordenar X cosas en X espacios se llama número de permutaciones y la fórmula general para calcularlo es ésta: número de permutaciones = $X!$ Este «!» se denomina «factorial» y simplemente significa que hay que multiplicar el número por uno menos, por dos menos, por tres menos y así hasta el uno. En este ejemplo: $5! = 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 120$.

Cuadro 2-1 Una caja rompecabezas para gatos

«Cuando lo introducen en la caja el gato muestra signos evidentes de malestar y con deseos de escapar del encierro. Intenta pasar por cualquier abertura, araña y muerde el alambre. No presta mucha atención a la comida que hay en el exterior sino que simplemente intenta instintivamente escapar del encierro ... El gato que araña la caja en su lucha instintiva probablemente arañará la cuerda o la palanca o el botón que abre la puerta. Gradualmente todos los otros impulsos no exitosos serán descartados y el impulso particular que conduce al acto exitoso será retenido por el placer que de él resulta, hasta que, después de muchos ensayos, el gato, cuando se lo introduzca en la caja, inmediatamente tocará el botón o el anillo de forma definida.»



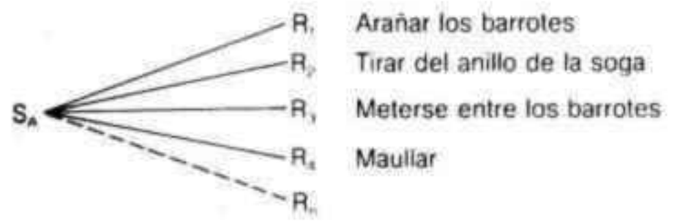
De THORNDIKE (1898, pág. 13)

aún intentaba por *ensayo y error*, probando varias respuestas al azar hasta que una funcionaba, pero a medida que la práctica aumentaba, el animal tenía una tendencia a realizar las respuestas que no funcionaban con menos frecuencia que las que funcionaban. Eventualmente, después de haber sido colocado en la caja varias veces, el gato se dirigía a la cuerda y tiraba inmediatamente. Según Thorndike, el gato estaba aprendiendo «por ensayo y error, y por éxito accidental».

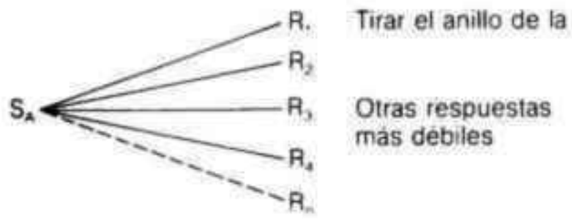
Resolver los anagramas y la tarea de la caja rompecabezas requiere que el sujeto intente muchas respuestas hasta que una resuelva el problema, y el proceso de pensamiento puede, entre otras cosas, ser concebido como un *aprendizaje de respuestas*.

Cuadro 2-2 Familia jerarquizada de hábitos para la caja rompecabezas

Al principio, el gato puede tener la familia jerarquizada de hábitos anterior. Las respuestas dominantes a estar encerrado son meterse por los barrotes, maullar, arañar. Sin embargo, después de que el gato ha sido encerrado en la caja varias veces, las respuestas exitosas ante esta situación se vuelven más fuertes y las no exitosas más débiles, como se muestra a continuación:



Por último, después de varios intentos, el gato ha reordenado completamente su jerarquía, como se sugiere a continuación:



Definición asociacionista del pensamiento

Aplicación del ensayo y error en familia jerarquizada de hábitos

Según la concepción asociacionista, el pensamiento puede ser descrito como la aplicación de ensayo y error de las tendencias preexistentes de respuestas que llamamos «hábitos». Este punto de vista se llama asociacionista porque asume que para cada situación problema, S, existen asociaciones o lazos a muchas posibles respuestas, R_1, R_2, R_3, etcétera. Así los tres elementos en una teoría asociacionista del pensamiento son: el estímulo (una situación particular de resolución de problemas), las respuestas (comportamientos particulares de resolución de problemas) y las asociaciones entre un estímulo particular y una respuesta particular. Los lazos se suponen que están en la mente del que resuelve el problema, donde forman una familia de posibles respuestas asociadas con cualquier situación problema dada. Además, las respuestas pueden variar en fuerza cuando algunas asociaciones son muy fuertes y otras muy débiles. De modo que las respuestas para una situación dada pueden colocarse en una jerarquía según el orden de su fuerza.

Una familia jerarquizada de hábitos típica para la caja rompecabezas de Thorndike es la del cuadro 2-2. Puede construirse una jerarquía similar para la conducta en el problema del anagrama ya que hay 120 respuestas posibles para un anagrama de cinco letras, algunas de las cuales son inicialmente más fuertes que otras. En la situación de resolución del problema, quien resuelve el problema (ya sea abierta o encubiertamente) intenta la respuesta más dominante, R_1, de la familia jerarquizada de hábitos para esa situación y, si ésa falla, intenta con R_2 y así sucesivamente hasta que funciona.

Leyes de ejercitación y efecto

Para describir el proceso de solución son necesarias dos leyes del aprendizaje que Thorndike denominó la *ley de ejercitación* y *la ley del efecto.*

> La ley de ejercitación establece que las respuestas que han sido previamente practicadas muchas veces en una situación dada son las que tienen mayores probabilidades de ser utilizadas cuando la situación se presenta de nuevo, o, para decirlo de otra forma, que la práctica tiende a fortalecer el vínculo específico E-R.
>
> La ley del efecto establece que las respuestas a un problema que no son válidas para resolver el problema pierden fuerza y son rebajadas en la jerarquía, mientras que las respuestas que resuelven el problema ganan fuerza y ascienden en la jerarquía hasta que, después de muchos ensayos, llegan a la cima.

Como se ve, los asociacionistas describen la resolución de problemas como la aplicación por un ser pensante de su familia jerarquizada de hábitos en el método de ensayo y error. En una situación nueva como la de la caja rompecabezas o los anagramas, los sujetos intentan primero su respuesta más dominante (¿rascarse la cabeza?), luego la segunda y así sucesivamente. MALTZMAN (1955) resume este punto de vista de la manera siguiente: «El pensamiento no es una respuesta», pero el pensamiento tiene como resultado un cambio en

«una nueva combinación de la intensidad de los hábitos» dentro de una familia jerarquizada de hábitos.

Respuesta encubierta y abierta

Thorndike observó a los gatos en su caja rompecabezas y vio un aprendizaje por ensayo y error de respuestas de solución. Cuando el psicólogo de la Gestalt KOHLER (1925) presentó problemas similares a los monos, no observó una actividad de ensayo y error similar sino que más bien estaba seguro de que sus animales resolvían por captación inmediata, por intuición, lo que pensaban acerca del problema y la solución súbitamente encajaba. Hablaremos más sobre la interpretación de la Gestalt de la resolución de problemas en el capítulo 3, pero es asombroso que dos psicólogos, observando una tarea de resolución de problemas de tipo similar en animales, vieran cosas tan diferentes y se inspiraran en ello para desarrollar teorías tan distintas.

Aceptemos por el momento que tanto Thorndike como Kohler estaban en lo cierto, al menos en su observación de ensayo y error y de intuición. ¿Cómo explicaría un asociacionista el fenómeno aparente de intuición? Los asociacionistas resolvieron esta cuestión de manera ingeniosa. Algunas veces, en los humanos, la aplicación de ensayo y error puede ser *encubierta*. En otras palabras, las personas tienden a probar diversas soluciones *en su mente* (o a veces incluso en sus músculos). Según esta concepción, el pensamiento es simplemente una acción encubierta: implica intentar todas las respuestas posibles mentalmente hasta que se encuentra una que funciona. Puesto que esta forma de ensayo y error no puede verse, la solución aparece por lo tanto como si fuera lograda de súbito, como por introvisión o intuición.

El pensamiento como conducta encubierta

Mediación

La idea de que el pensamiento contiene una cadena de respuestas encubiertas condujo a cambios en la idea asociacionista tradicional de que un estímulo (E) entra, una respuesta (R) sale y todo lo que se produce en el medio puede resumirse como un guión (E-R). ¿Cómo se modifica entonces la familia jerarquizada de hábitos? O, para decirlo de otra manera, ¿qué es lo que va entre o *media* entre la situación abierta de resolución del problema (E) y la respuesta-solución (R)? Una teoría mediacional sugiere que la E evoca una respuesta interna en miniatura llamada *respuesta mediacional* o r_m; la r_m crea un nuevo estado interno o e_m, este nuevo e_m puede evocar otro r_m diferente seguido por un nuevo e_m y así sucesivamente hasta que finalmente una e_m evoca una respuesta de solución abierta R. Por ejemplo, BERLYNE (1965) presenta una teoría mediacional amplia basada en el principio de que el pensamiento es una cadena de respuestas simbólicas; así, el «hilo del pensamiento» puede ser representado por una serie de respuestas y estímulos internos que median entre E y R:

$$E - r_{m1} - e_{m1} - r_{m2} - e_{m2} - r_{m3} - e_{m3} - \ldots - r_{mn} - e_{mn} - R$$

La E mayúscula es la situación problema abierta, la R mayúscula es la respuesta abierta, y las e y r minúsculas representan las respuestas y estímulos internos encubiertos.

Las teorías mediacionales como las de Berlyne son por lo general extensiones de la afirmación de HULL (1943) de que los animales producen pequeñas respuestas anticipadamente hasta que aprenden a resolver el enigma; él llamó a estas respuestas «respuestas fraccionales por el objetivo». Por ejemplo, las ratas hacen pequeñísimos movimientos de chupar a medida que recorren un laberinto hacia una recompensa líquida. Estas respuestas fraccionales de objetivo ayudan al animal a mediar entre ser colocado en el laberinto y realizar el comportamiento necesario para obtener la solución. Más recientemente KENDLER y KENDLER (1962) utilizaron la idea de las respuestas de mediación para describir los cambios evolutivos en el aprendizaje de la discriminación; OSGOOD (1957, 1966) utilizó la «reacción de mediación» para explicar la utilización humana de significados del lenguaje; y UNDERWOOD (1965) desarrolló las «respuestas asociativas implícitas» para explicar el curso del aprendizaje verbal humano. Estas teorías son ejemplos de teorías mediacionales porque están basadas en la idea de que respuestas pequeñas y encubiertas median entre un estímulo y una respuesta.

Dos concepciones del pensamiento encubierto

Existen diversas formas de interpretar de qué manera las respuestas encubiertas o mediadoras se relacionan con el enfoque del pensamiento desde el punto de vista de la familia jerarquizada de hábitos. Una interpretación relativamente liberal, como la citada por MALTZMAN (1955), es que la familia jerarquizada de hábitos representa un conjunto de disposiciones y que el pensamiento puede considerarse como los cambios que se producen en el estado de la jerarquía. Según esta concepción el pensamiento no es una cadena de respuestas, sino «respuestas que pueden ser consideradas como criterios o manifestaciones del pensamiento» (pág. 282). En otras palabras, las respuestas encubiertas pueden producirse como un resultado del pensamiento, pero no son equivalentes al mismo.

Una interpretación más estricta y literal, actualmente menos popular que la anterior, es que el pensamiento *es* un responder encubierto, especialmente una respuesta verbal encubierta. Esta concepción fue considerada con mucha atención durante los años 1920 a 1930 porque era coherente con la revolución conductista en psicología: la idea de que los psicólogos sólo deben estudiar lo que es directamente observable (el comportamiento) y no deben hacer hipótesis acerca de fenómenos no visibles (como los pensamientos). Uno de los objetivos de esta cuestión fue determinar en qué parte del cuerpo humano se producen las respuestas: los periferialistas estudiaron los cambios musculares durante el pensamiento porque afirmaban que las respuestas se producían en los músculos y los centralistas estudiaban la actividad eléctrica del cerebro durante el pensamiento porque afirmaban que las respuestas se producen en el cerebro.

Teoría periférica: la actividad muscular

El psicólogo conductista WATSON (1930) afirmó que, puesto que la resolución humana de problemas necesita del lenguaje, el pensamiento silencioso es un discurso suboral. En otras palabras, pensar es simplemente «hablar con uno mismo», y el lugar del comportamiento del pensar debe encontrarse en los músculos relativos al habla. Por ejemplo, JACOBSON (1932) midió la actividad eléctrica de los músculos en sujetos durante diversos períodos de actividad intelectual. Cuando los sujetos estaban relajados y no se concentraban en nada, sus músculos mostraban poca actividad eléctrica. Sin embargo, cuando se les pedía que *pensaran* en levantar un objeto pesado con la mano izquierda, se producían cambios en las lecturas de los músculos de sus brazos izquierdos. De la misma manera, cuando Jacobson pedía a un sujeto que se imaginara un objeto determinado, observaba el aumento de la actividad eléctrica de los músculos alrededor de los ojos.

MAX (1935, 1937) investigó la actividad muscular de sordomudos cuando estaban pensando. Puesto que estos sujetos normalmente utilizan un lenguaje de signos para comunicarse, pensó que tal vez el discurso suboral pudiera ser detectado por cambios en la actividad eléctrica de los músculos de los brazos aunque no hubiera signos visibles. Como Max esperaba, encontró una actividad eléctrica aumentada en los músculos de los brazos de estos sujetos sordomudos cuando estaban pensando en cómo resolver un problema o en una conversación pasada e incluso cuando estaban dormidos y aparentemente soñando.

Si bien la teoría periférica del pensamiento no ha recibido mucha atención desde el interesante estudio de Max, MCGUIGAN (1966, 1973) siguió trabajando sobre el tema. Por ejemplo, MCGUIGAN, KELLER y STANTON (1964) midieron la actividad muscular de estudiantes que leían en silencio. Tal como estos investigadores habían predicho, los cambios se produjeron en la actividad muscular del mentón y de los labios y en las tasas respiratorias de los mismos durante el período de lectura y no durante el descanso. Desafortunadamente, un problema importante de esta investigación, así como con otras de las periferialistas, es que los cambios musculares pueden producirse debido a que los sujetos son conscientes de ser observados o a otros factores del pensamiento. MCGUIGAN sugirió (1966) que una prueba más convincente de la teoría periférica podría ser inyectar a los sujetos con una sustancia química (curare) que inhibe los músculos lisos y los estriados y luego pedirles que resuelvan problemas. Si los sujetos inyectados fueran aún capaces de resolver problemas, podría obtenerse la conclusión de que algo no funciona en la teoría de que el pensamiento se produce en los músculos.

Los correlatos periféricos del pensamiento no se limitan a los movimientos musculares en el habla. Otro comportamiento que parece relacionado con el pensamiento es la *lateralidad de la mirada*, la dirección en la que miran los ojos cuando uno responde a una pregunta. Por ejemplo, supóngase el lector que debe responder a una pregunta que requiere un momento de reflexión antes de contestar. Cuando el lector está pensando en la pregunta, mirará brevemente a un lado. KINSBOURNE (1972) ha propuesto la hipótesis de que la dirección de la mirada está relacionada con el lado del cerebro que se está utilizando más intensamente. Una mirada hacia la derecha indica que quien debe resolver el problema está utilizando el lado izquierdo del cerebro, un área que puede estar especializada para el pensamiento verbal y matemático; una mirada a la izquierda indica que el que responde está utilizando el lado derecho del cerebro, un área especializada para el pensamiento espacial.[2]

Para verificar estas ideas, Kinsbourne observó las miradas de los sujetos cuando le respondían a preguntas difíciles. Algunas preguntas eran verbales, tales como explicar un proverbio. Estas preguntas hacían desviar las miradas hacia la derecha, sugiriendo que era utilizada la mitad izquierda del cerebro. Algunas preguntas eran espaciales, como decidir hacia qué lado mira la imagen en una moneda. Estas preguntas hacían desviar la mirada hacia la izquierda, lo cual sugería que se estaba utilizando la mitad derecha del cerebro. Resultados similares obtenidos por KOCEL, GALIN, ORNSTEIN y MERRIN (1974) apoyan la teoría de Kinsbourne.

Sin embargo, antes de que el lector pruebe estos experimentos con sus amigos, debe saber que la metodología y la teoría todavía distan mucho de la perfección. En primer lugar, existen diferencias individuales entre los sujetos, y algunas personas «prefieren» mirar a la derecha (o a la izquierda) independientemente del tipo de pregunta (BAKAN, 1969). En segundo lugar, los resultados

2. En algunos sujetos, como la mayoría de los zurdos, las funciones cerebrales se han especializado en el orden inverso, es decir, izquierdo para lo espacial y derecho para lo verbal. Para más información acerca de la lateralidad cerebral, véase WITTROCK, *The Brain and Psychology* (1980).

pueden modificarse si el lector que está observando las miradas se queda frente al sujeto y no detrás, o si pregunta temas complejos. Estos hechos parecen aumentar la ansiedad del sujeto y cuando el sujeto está ansioso puede destruirse la utilidad de la medición ultrasensible de la lateralidad de la mirada (EHRLICHMAN, WEINER y BAKER, 1974; GUR, GUR y HARRIS, 1975). Si bien se ha intentado relacionar los trabajos sobre lateralización cerebral con hechos prácticos del aprendizaje y la resolución de problemas (por ejemplo, WITTROCK, 1980), la teoría subyacente respecto de la lateralidad de la mirada es aún confusa.

Teoría centralista: la actividad cerebral

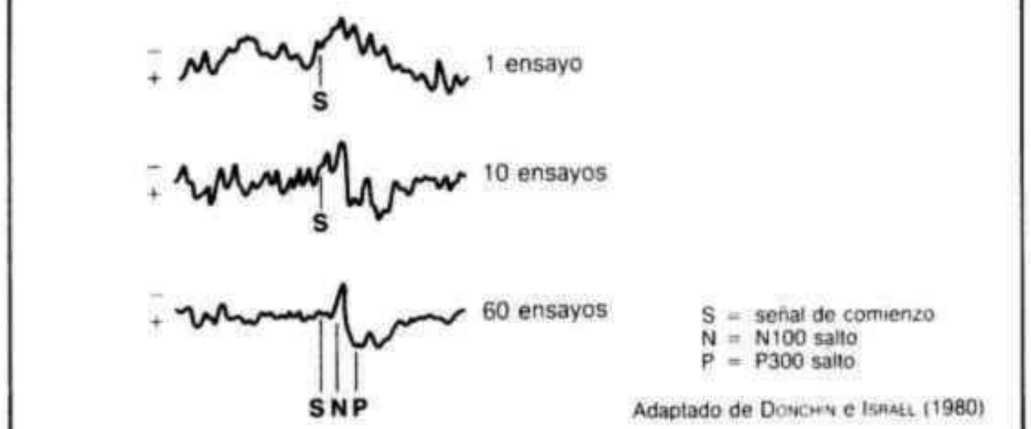
Aunque ahora existen técnicas más sofisticadas para medir los correlatos fisiológicos de la actividad mental, incluyendo algunas que se centran en la actividad eléctrica de las neuronas cerebrales (véase PENFIELD, 1958, 1969; DELGADO, 1969), poco se ha hecho para relacionar los cambios fisiológicos del cuerpo con el pensamiento. En un estudio típico, CHAPMAN (1973) implantó electrodos en los cerebros de los sujetos y grabó la actividad eléctrica general, durante el tiempo en que los sujetos resolvían problemas. El trazado de la actividad eléctrica mostró que se producían cambios notables durante las fases críticas de la resolución de problemas.

MCGUIGAN (1966) ha sugerido que puesto que la teoría centralista predice que la estimulación eléctrica de las neuronas cerebrales específicas debería causar un pensamiento espontáneo, es necesaria una investigación que utilice estas nuevas técnicas. McGuigan concluyó: «Si se confirma la teoría periférica de que el pensamiento es un fenómeno conductal, el pensamiento puede ser estudiado directamente registrando respuestas ... Si se confirma la teoría centralista ... los hechos cerebrales pueden ser estudiados indirectamente registrando sus respuestas subsecuentes ... En cualquiera de los dos casos obtendríamos la medición de las respuestas encubiertas» (págs. 294-295).

Diversos investigadores (JOHN y SCHWARTZ, 1978; WITTROCK, 1980; DONCHIN e ISRAEL, 1980) recientemente han hecho una revisión a investigaciones de potenciales relativos a los hechos (ERPs, event-related potentials), breves y pequeños saltos en la actividad eléctrica cerebral debidos a hechos que actúan como estímulos. Para registrar esta actividad cerebral, se colocan electrodos en el cuero cabelludo del sujeto que ha de resolver el problema. Estos electrodos tienen capacidad para registrar el nivel general de la actividad cerebral preferentemente a la actividad en una célula específica. En muchas tareas de resolución de problemas, tales como decidir si dos estímulos son lo mismo, se produce la siguiente secuencia de cambios en el ERP:

1. *Variación contingente negativa* se refiere a la lenta pero creciente negatividad que ocurre ante la expectativa del estímulo.

Cuadro 2-3 Potenciales de acontecimientos relacionados (ERP)*

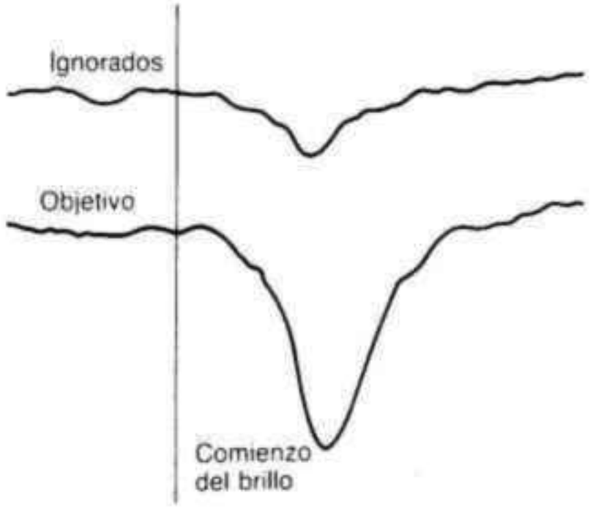


2. *N100* se refiere a un salto en el potencial negativo que se produce alrededor de los 100 milisegundos después que se ha presentado un problema y puede revelar la señal de arribo de información, proveniente de la memoria a corto plazo.
3. *P300* se refiere a un salto del potencial positivo, que se produce alrededor de los 300 milisegundos después de que se haya presentado el problema. Este salto puede indicar una especie de expresión de «ajá» con la cual el sujeto comprende el significado de la información.

El cuadro 2-3 muestra un ERP típico generado por el promedio de la presentación de un solo estímulo en 1, 10 y 60 ensayos. Las flechas señalan el punto en el cual el estímulo fue presentado, seguido por un salto negativo y luego un salto positivo en la actividad de onda cerebral. Como puede verse, el trazado es mucho más claro cuando los ERP son promediados sobre muchos ensayos singulares.

DONCHIN e ISRAEL (1980), prosiguiendo un trabajo anterior (SUTTON, BRAREN, ZUBIN y JOHN [1965]), mostraron que hay dos tipos básicos de componentes ERP. Los *componentes exógenos* son respuestas obligatorias a los estímulos basadas en la activación de los órganos sensoriales. Los *componentes endógenos* no son obligatorios y están relacionados con el proceso cortical interno impuesto por las exigencias de la tarea. Por ejemplo, el componente P300 y otros componentes positivos tardíos están influidos por la cantidad de información y las instrucciones del problema. En un estudio típico (HEFFLEY, WICKENS y DONCHIN, 1978) los sujetos miraban una pantalla con figuras geométricas en movimiento y contaban el número de veces que uno de esos ob-

Cuadro 2-4 Potenciales de acontecimientos relacionados con estímulos a lograr y estímulos ignorados



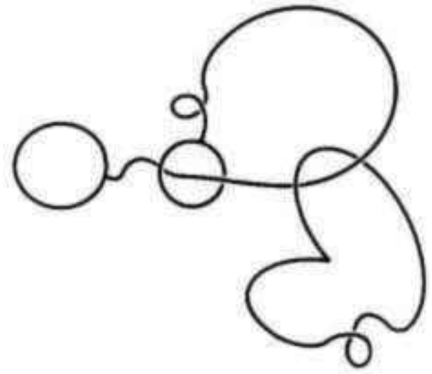
Adaptado de Donchin e Israel (1980)

jetos aumentaba en brillantez (es decir, centelleaba). Por ejemplo, se le pedía a un sujeto que contara el número de veces que centelleaba un cuadrado pero que ignorara un triángulo en el mismo estado. Como se muestra en el cuadro 2-4, existe un fuerte componente P300 para el estímulo señalado —cuando un cuadrado brilla— pero casi ningún cambio de potencial para el estímulo ignorado —cuando brilla un triángulo—. De modo que el componente P300 parece ser un componente endógeno que está relacionado con el proceso interno más que con una respuesta sensorial inmediata. Diversos investigadores (Shields, 1973; Preston, Guthrie y Childs, 1974) han descubierto que niños que padecen dificultades de aprendizaje no muestran los mismos trazados de ondas cerebrales endógenas en la atención que los que desarrollan los niños normales.

El lector puede estar tentado de suponer que pronto seremos capaces de describir el pensamiento como una cadena específica de cambios eléctricos, claramente localizados en el cerebro. Sin embargo, John y Schwartz (1978) señalaron que es «experimentalmente y lógicamente insostenible» tratar de localizar células o áreas cerebrales específicas que correspondan directamente a pensamientos específicos. En cambio, los aspectos globales o guestálticos del sistema nervioso necesitan ser tenidos en cuenta. John y Schwartz concluyen que «la neurofisiología del procesamiento de información y de la cognición está aún en sus primeros pasos ... Queda mucho por hacer, incluso en el nivel

Cuadro 2-5 El problema del corazón y el lazo

El problema del corazón y el lazo es un típico puzzle mecánico que se usa para estudiar la resolución de problemas por ensayo y error en los humanos. El problema consiste en desunir las dos piezas. Generalmente el tiempo para hallar la solución disminuye en cada ensayo sucesivo puesto que se debilitan las respuestas no exitosas y las respuestas exitosas de «giro» se hacen dominantes.



Basado en Ruger (1910)

de definir qué preguntas hay que hacer y qué técnicas experimentales deberían usarse» (1978, pág. 25). De modo que parece improbable que un análisis de la actividad cerebral pueda aportar una teoría definitiva del pensamiento humano, aunque estas investigaciones constituyen un enfoque de importancia creciente.

En la actualidad la mayor parte de los psicólogos aceptan voluntariamente que los cambios eléctricos y otros cambios fisiológicos del cuerpo están probablemente relacionados con el pensamiento, pero muy pocas personas se deciden a aceptar la posición extrema de que la actividad muscular del cuerpo es pensamiento. Además, el trabajo sobre la psicofisiología del pensamiento todavía no ha estimulado el surgimiento de teorías útiles del pensamiento ni tampoco se ha integrado adecuadamente con otros tipos de enfoque. De modo que, mientras esperamos que algún día seamos capaces de describir el pensamiento en términos fisiológicos, lo que queda de este capítulo se centrará en el pensamiento definido como un cambio en la familia jerarquizada de hábitos.

Familia jerarquizada de hábitos: respuestas estereotipadas

A continuación de las famosas observaciones de Thorndike, Guthrie y

Cuadro 2-6 Tiempos medios de solución en segundos para anagramas elegidos

Palabras familiares	Tiempo	Palabras no familiares	Tiempo
beahc *a* beach	3.0	hroac *a* roach	9.5
odelm *a* model	4.5	ypeon *a* peony	12.0
ntrai *a* train	5.0	patoi *a* patio	22.0
chari *a* chair	10.0	tanog *a* tango	45.0
ugars *a* sugar	10.5	obrac *a* cobra	50.5

Anagramas de baja PTL	Tiempo	Anagramas de alta PTL	Tiempo
rhtae *a* heart	28.5	ahter *a* heart	168.5
oeshr *a* shore	8.5	osher *a* shore	39.0
ietdr *a* tried	18.0	dteri *a* tried	71.0
aephs *a* phase	11.0	hesap *a* phase	115.5
aecrt *a* crate	18.0	atcer *a* crate	48.5

Las palabras familiares aparecen 100 veces por millón o más y las no familiares sólo 1 ó menos veces por millón. Tanto las soluciones con palabras familiares como no familiares requieren que se mueva sólo 1 letra, sin embargo las palabras familiares son generalmente más fáciles, presumiblemente porque están más alto en la familia de hábitos jerarquizados. Resolver anagramas construidos por pares de letras que pocas veces van juntas (baja probabilidad de transición de la letra o baja PTL) es generalmente más fácil que los anagramas de LTPL elevada para las mismas palabras, presumiblemente debido a la dificultad para romper los pares dominantes de letras.

Basado en TRESSELT y MAYZNER (1968)

HORTON realizaron medio siglo después (1946) un estudio más concienzudo. Estos investigadores filmaron los gatos en la caja rompecabezas y analizaron los comportamientos de un gato en cada ensayo sucesivo. Cada comportamiento específico fue cuidadosamente definido en detalle, y se observó el orden de los comportamientos en cada ensayo. Los resultados mostraron que los movimientos de un gato eran casi idénticos de un ensayo a otro para una respuesta particular; por ejemplo, siempre tiraba de la cuerda de la misma forma. Puesto que las conductas eran estereotipadas, Guthrie y Horton sacaron la conclusión de que los gatos tenían tendencias específicas de respuesta que cambiaban de intensidad durante la resolución del problema más que de planes generales.

La familia jerarquizada de hábitos o la descripción de ensayos y errores

que Thorndike y Guthrie y Horton proponían para los gatos en la caja rompecabezas ha sido también observada en los seres humanos. Por ejemplo, RUGER (1910) entregó a los sujetos puzzles mecánicos como el problema del corazón y el lazo que muestra el cuadro 2-5. Al principio los sujetos tendían a exhibir una serie de comportamientos aparentemente azarosos, con frecuencia sin advertir con cuál se lograba la solución. Los tiempos de resolución se reducían de ensayo en ensayo, pero los sujetos en esta experiencia también persistían en utilizar determinados comportamientos específicos en diversos ensayos hasta que por último sólo quedaba la respuesta exitosa del giro.

Familia jerarquizada de hábitos: dominancia de la respuesta

Unos pocos gatos encerrados en cajas rompecabezas no parecen ser suficiente como para construir una teoría de la resolución humana de problemas. Sin embargo, existe más evidencia en favor de la teoría asociacionista, en parte proveniente del estudio de la resolución de anagramas. Una de las razones por las cuales no hubo más profundización en la investigación puede ser el hecho de que los asociacionistas concentraron sus esfuerzos en la psicología del aprendizaje; el lector probablemente habrá advertido que la teoría de Thorndike es también la base de una teoría del aprendizaje y la memoria. Por otra parte, los guestaltistas —los principales competidores de los asociacionistas— se han centrado en la psicología del pensamiento y de la percepción; el capítulo dedicado a ellos será más largo que éste.

Familiaridad de la palabra-objetivo

Algo interesante de la representación del pensamiento como asociación de E-R es que hace predicciones precisas que pueden ser comprobadas. Por ejemplo, suponga el lector que hace entrega a un sujeto de los anagramas de cinco letras del cuadro 2-6. La forma de ordenar las letras puede ser considerada como una respuesta en la familia jerarquizada de hábitos. Por supuesto, en cada sujeto el potencial de respuestas será más fuerte que en otros y por lo tanto estará más arriba en la jerarquía y tendrá más probabilidades de lograr su intento. La solución de un anagrama será más rápida si la solución es una palabra corriente.

Para comprobar esa predicción, MAYZNER y TRESSELT (1958, 1966) construyeron anagramas basados en el reordenamiento ya sea de palabras comunes de cinco letras o bien de palabras de cinco letras pero inhabituales. Para medir en qué medida una palabra era común, utilizaron las listas compiladas por THORNDIKE y LORGE (1944) que contenían una estadística de cuántas veces cada

una de 30 000 palabras aparecidas en libros, revistas, periódicos y otras fuentes impresas elegidas al azar. Mayzner y Tresselt comprobaron que los anagramas eran resueltos en el doble de velocidad si la palabra-solución aparecía frecuentemente en imprenta —más de 100 veces por millón de palabras— que si aparecía infrecuentemente. Los ejemplos se dan en el cuadro 2-6. Por ejemplo, TANGO, PEONIA o COBRA, que aparecían menos de una vez en un millón de palabras, llevaban mucho más tiempo de resolución que SILLA, AZUCAR o TREN, que aparecían más de 100 veces por millón. Además, con anagramas que tienen dos soluciones, como MESA (table), más de 100 por millón, o TRIGO (bleat), 7 por millón, la palabra-solución más común se encontraba por lo general primero que las otras. Estos resultados son coherentes con la idea de la familia jerarquizada de hábitos puesto que la respuesta más dominante —asumiendo que la experiencia pasada con frecuencias de palabras tiene influencia sobre la dominancia— se producía antes que la respuesta más débil para la resolución del problema.

La probabilidad de transición de la letra en la palabra-objetivo

La teoría asociacionista también predice que la experiencia pasada en la forma en que una letra sigue a otras influye en la jerarquía de las respuestas. Algunos pares de letras tienen altas *probabilidades de transición* porque la segunda letra con frecuencia sigue a la primera en las palabras inglesas comunes, como la ch, th, es y otras. Puesto que cada palabra de cinco letras tiene cuatro pares de letras sucesivos, las probabilidades de transición de la palabra pueden generarse según la frecuencia en el inglés de los cuatro pares de letras (Mayzner y Tresselt, 1959, 1962, 1966). Por ejemplo, RANCH, TRAIN, BEACH, contienen letras en un orden más común (altas probabilidades de transmisión) que ENJOY, KNIFE, TRIBE. En general las palabras-solución con altas probabilidades de transición se resuelven más rápidamente que aquellas con bajas probabilidades. Una vez más, estos resultados son coherentes con la idea de que la resolución de problemas implica un reordenamiento por ensayo y error de las letras basadas en 120 respuestas, pero comenzando primero con las respuestas más dominantes.

Número de movimientos

El orden de las letras en los anagramas influye en la resolución del problema (Mayzner y Tresselt, 1958, 1963). Esta observación es coherente con la comprobación de que las respuestas dominantes se dan primero. En general, cuanto menor es el número de letras que han de moverse, más rápida es la solución. Si son posibles dos palabras como solución, como en TABLE y

BLEAT, o en ANGER y RANGE, el orden en que se presentan las letras en el anagrama puede influir sobre la elección de la palabra. Una vez más, el sujeto tiende a dar respuestas dominantes tales como mover una o dos letras primero; si eso no funciona, intentará las respuestas más débiles tales como mover las cinco letras.

La probabilidad de transición de la letra de la palabra presentada

Por último, un cuarto resultado típico en la resolución de anagramas es que si el anagrama ya está en la forma de una palabra, o si tiene una alta probabilidad de transición, es más difícil de resolver que cuando se presenta en forma de sílabas sin sentido o si tiene una baja probabilidad de transición (Mayzner y Tresselt, 1959; Devnich, 1937; Beilin y Horn, 1962). Los resultados típicos se ven en el cuadro 2-6. Por ejemplo, descubrir la palabra KANGAROO (canguro) es por lo general más fácil a partir de OAG KRNOA que a partir de AGO KORAN. Los sujetos entrevistados por Beilin y Horn necesitaron alrededor de 17 segundos para resolver anagramas como CAUSE (causa) a SAUCE (salsa) pero sólo 9 segundos para resolver anagramas sin sentido preparados para medir las frecuencias y otras variables, tales como ERTEN a ENTER (entrar). Mayzner y Tresselt (1966) también hallaron que pasar de palabras de baja probabilidad de transición como anagramas (BOARD, TRIAL, ANGER, EARTH) (directorio, ensayo, rabia, tierra) a palabras-solución de alta probabilidad de transición (BROAD, TRAIL, RANGE, HEART) (ancho, riel, hilera, corazón) era mucho más fácil que a la inversa. Sin embargo, Dominowski y Duncan (1964) descubrieron que los anagramas con altas probabilidades de transición (como NILEN, GSEAT, HECAB) eran mucho más difíciles que los anagramas con bajas probabilidades de transición (como LNNIE, TSGAE, AEBHC) y sólo cuando las palabras-solución tenían altas probabilidades de transición (LINEN, STAGE, BEACH) (lino, estadio, playa). En general, estos resultados parecen indicar que los sujetos tienen problemas para romper las combinaciones de letras que se producen con una frecuencia determinada. Este tipo de inflexibilidad puede ser comparado con lo que los guestaltistas llaman rigidez del conjunto mental. En los experimentos con anagramas los sujetos intentan la respuesta dominante de reordenar las letras sueltas antes de comenzar con respuestas más complejas que implican romper combinaciones frecuentes de letras.

En resumen, los experimentos con anagramas ofrecen cuatro líneas diferentes de apoyo a la idea de que la resolución de problemas implica la aplicación de ensayo y error por un sujeto en una familia jerarquizada de hábitos. Como existen muchas formas posibles de ordenar un anagrama de cinco letras, queda claro que los sujetos no intentan las soluciones al azar, sino que más bien comienzan con las respuestas dominantes y siguen con las más dé-

biles si las primeras no funcionan. Así, las palabras usadas con frecuencia, las palabras-solución con alta probabilidad de transición, las palabras que requieren sólo un reordenamiento menor o las palabras que no requieren la ruptura de una combinación de letras con alta probabilidad de transición, son resueltas más rápidamente que otras.

Conjunto para la resolución de problemas

Al resolver problemas, no sólo es importante la experiencia general pasada del sujeto para determinar la jerarquía de las respuestas, sino también su experiencia de antes y durante la resolución del problema. Estas experiencias constituyen el *conjunto de resolución de problemas* del sujeto.

Por ejemplo, Rees e Israel (1935) daban a los sujetos anagramas ambiguos que sólo podían resolverse con una o dos palabras. Cuando los sujetos recibían instrucciones de buscar un determinado tipo de palabra, como «palabras de la naturaleza», encontraban más palabras en esta categoría que los sujetos del grupo testigo. Los sujetos que encontraban un alto número de palabras de la naturaleza en un grupo de anagramas también probablemente encontraban más palabras de la naturaleza en el grupo siguiente que los del grupo testigo. Maltzman y Morrisett (1952, 1953) también tuvieron la confirmación de que al dar instrucciones de buscar cierta clase de palabras a sujetos que tenían una experiencia previa con anagramas solubles, se hallaban fuertemente influenciados por ésta, orientándoles de alguna manera en la solución de anagramas ambiguos.

Safren (1962) utilizó dos métodos para dividir 36 anagramas en 6 conjuntos de 6 anagramas cada uno. En un agrupamiento, las palabras-solución con frecuencia estaban asociadas unas con otras (como leche, crema, azúcar, café, tarta, bebida) aparecían en la misma lista. El otro agrupamiento de anagramas estaba en listas desorganizadas, y las palabras asociadas aparecían en cada una de las 6 listas diferentes. El tiempo medio de solución para las listas organizadas fue de 7 segundos comparado a los 12 segundos de los mismos anagramas presentados en listas separadas.

En función del marco de la respuesta jerarquizada, estos resultados indican que pueden existir varias y diferentes familias jerarquizadas de hábitos (o jerarquía de respuestas) para un problema dado. Según Maltzman (1955, pág. 281), la resolución de problemas puede «implicar la selección de familias jerarquizadas de hábitos así como la selección de secuencias de respuestas específicas dentro de una jerarquía». De modo que la jerarquía de respuestas que se muestra en el cuadro 2-2 debe ahora cambiarse por una «familia compuesta jerarquizada de hábitos» para dar cuenta de los efectos del conjunto. Pensar acerca de palabras de la naturaleza puede llevar a la jerarquía de respuestas A, pensar acerca de palabras que se refieran a bebidas puede llevar a la jerarquía B, pensar en ninguna categoría en particular puede llevar a la jerarquía C y así sucesivamente.

Evaluación

El enfoque asociacionista ofrece un medio de representarse el pensamiento y la resolución de problemas que permite hacer predicciones claras. Tal vez por esa razón, los conceptos asociacionistas están reapareciendo en algunas teorías contemporáneas acerca del pensamiento humano, el aprendizaje y la memoria. Por ejemplo, Anderson y Bower en su libro *Human Associative Memory* (1973) ofrecen teorías «neoasociacionistas» claramente comprobables sobre la memoria humana; y Berlyne (1965) en *Structure and Direction in Thinking* ofrece una teoría asociacionista del pensamiento.

Sin embargo, el enfoque asociacionista puede fracasar en la captación de los plenos poderes del pensamiento humano; ¿es todo el pensamiento simplemente la aplicación del método de ensayo y error de hábitos pasados? Aparentemente, algunos tipos de pensamiento pueden explicarse por el modelo de la jerarquía de respuestas, pero parece que en el pensamiento humano hay mucho más que ensayo y error, y los siguientes capítulos explorarán algunas otras teorías y posibilidades.

Lecturas recomendadas

Berlyne, D. E.: *Structure and Direction in Thinking.* Nueva York, Wiley, 1965. Una extensión moderna de la teoría asociacionista del pensamiento.

Donchin, E. e Israel, J. B.: Even-Related Potentials: Aproximaciones a la psicología cognitiva. En R. E. Snow, P. Federico y W. E. Montague (comp.) *Aptitude, learning and instruction,* vol. 2, Hillsdale, N. J.: Erlbaum, 1980. Describe la investigación reciente sobre potenciales de acontecimientos asociados.

Duncan, C. P. (comp.): *Thinking: Current experimental studies.* Filadelfia, Lippincott, 1967. Los artículos de Maltzman; Maltzman y Morrisett; y Mayzner y Tresselt son una muestra de teoría asociacionista y de investigación sobre la resolución de problemas.

McGuigan, F. J. y Schoonover, R. A.: *The psychophysiology of thinking,* Nueva York, Academic Press, 1973. Es un libro de conferencias sobre la psicofisiología del pensamiento. Los artículos de Jacobson, McGuigan, Osgood y McGuigan son particularmente interesantes.

Thorndike, E. L.: *Animal intelligence.* Nueva York, Macmillan, 1911. Describe el trabajo de Thorndike con los gatos en la caja rompecabezas.

3 La Gestalt: El pensamiento como reestructuración de problemas

Definición guestáltica del pensamiento
Distinción entre dos clases de pensamiento
Estadios de la resolución de problemas
Rigidez en la resolución de problemas
Efectos positivos de la experiencia pasada
Dirección

Tareas de reorganización

Suponga el lector que le dan seis cerillas idénticas y le piden que forme con ellas cuatro triángulos equiláteros idénticos. Busque seis cerillas o palillos y pruebe de hacerlo. ¿Qué estará haciendo? De acuerdo con los psicólogos de la Gestalt el lector está intentando *reorganizar* los elementos para la resolución del problema —en este caso seis palillos— de modo que se acomoden de una manera diferente.

Una contribución importante de los guestaltistas es la idea de que las personas se atascan en la resolución de problemas porque no pueden modificar su *conjunto para la resolución de problemas;* puesto que no pueden mirar la situación desde una perspectiva nueva, no pueden ver una forma nueva para hacer encajar los elementos. Por ejemplo, cuando intentan resolver el problema de los seis palillos, muchas personas tienen dificultades para modificar su conjunto para la resolución de problemas de dos dimensiones a tres dimensiones. Hacer sugerencias (o como dicen los guestaltistas, imprimir *dirección*) es importante en la resolución de problemas porque ayuda a las personas a romper con sus viejas formas de organizar una situación. La nueva manera de considerar este problema, posibilitada por el hecho de pensar en tres dimensiones, es llamada *insight*: el relámpago «mágico» que se produce cuando uno ve súbitamente cómo encajan los seis palillos. (Algunos psicólogos de la Gestalt han señalado que la solución y el relám-

pago del *insight* con frecuencia van acompañados por la exclamación: «¡Ajá!».)

Si el lector aún no ha resuelto el problema, déjelo por un momento y retómelo luego. Este proceso se llama *incubación* y aunque nadie está seguro de por qué ayuda, con frecuencia lo hace. Una razón para ello puede ser que el lapso de tiempo permite que se olviden las ideas que confunden. Vea el lector si esto le ayuda y si no puede resolverlo, entonces haga «trampa» y mire el cuadro 3-1.

• • •

Intentemos otro ejemplo. Durante la Primera Guerra Mundial, Wolfgang Kohler, uno de los fundadores de la Gestalt, se encontraba varado en la isla de Tenerife en el océano Atlántico. Como buen científico, Kohler se impuso no malgastar su tiempo, por lo que dispuso de siete años para estudiar la resolución de problemas con los sujetos más dispuestos de la isla: algunos monos. Posteriormente publicó una monografía basada en sus investigaciones, *The Mentality of Apes* (1925) (La mentalidad de los monos). Allí, tal como informa, expone un problema típico: suponga que usted es un mono, y que está dentro de una caja, que hay en ella algunos cestos y que hay además plátanos suspendidos del techo y fuera de su alcance, ¿cómo cogería usted los plátanos?

Lo que Kohler quería era que los monos colocaran los cestos uno encima del otro, para formar una escalera y alcanzar los plátanos. Esta solución, como la solución de las seis cerillas, requiere que los elementos del problema sean reorganizados. Kohler informa que la solución fue precedida de un período de intensa reflexión por parte del mono, al que siguió algo similar a un destello de intuición, *insight*.

Estos dos problemas —el de las seis cerillas y el del plátano de Kohler— son ejemplos típicos en la resolución de problemas que los psicólogos de la Gestalt tratan de comprender. Sus problemas, por lo general, suministran todas las partes necesarias —tanto en forma de información fraccionada o como objetos concretos— y la tarea del que tiene que resolverla es de disponerlas de cierta forma hasta lograr su objetivo. Los guestaltistas creen que este tipo de problemas conllevan soluciones nuevas o creativas: al menos las últimas evidencias indican que sin apropiadas experiencias pasadas (el caso de los monos moviendo cestas), tales problemas no podrían ser resueltos (Birch, 1945).

La definición de pensamiento de la Gestalt

¿Qué es resolver un problema? De acuerdo con los psicólogos de la Gestalt, el proceso de resolución de un problema es un intento de relacionar un

Cuadro 3-1 El problema de los seis palitos

El problema

Dados seis palitos, ordenarlos para formar cuatro triangulos equiláteros y cuyos lados tengan un palito de longitud

La solución

Algunos sujetos toman los seis palitos,

y forman un cuadrado con una X en el medio como:

Sin embargo, esta solución no es aceptable porque los triángulos no son equiláteros: cada uno tiene un ángulo de 90 . Para resolver el problema el sujeto debe pensar en tres dimensiones, formando una pirámide de base triangular. Por ejemplo, ésta sería la vista superior:

y el punto medio se levanta a partir de la base.

aspecto de una situación problemática con otro, y eso tiene como resultado una *comprensión estructural*. La capacidad de captar cómo todas las partes del problema encajan para satisfacer las exigencias del objetivo. Esto implica *reorganizar* los elementos de la situación problemática de una forma tal que resuelvan el problema.

Aunque los guestaltistas se limitan a un tipo de problemas y utilizan algunos términos imprecisos tales como *insight* y «comprensión estructural», están intentando captar y explicar un nivel muy elevado y un tipo creativo de proceso mental. Su énfasis en la *organización* —en cómo los elementos encajan para formar una *estructura*— es coherente con las contribuciones de los psicólogos de la Gestalt al estudio de la percepción. Las famosas leyes de la organización perceptual, por ejemplo, se basaron en la idea de que la percepción envuelve la mente imponiéndole un orden o que estructura los estímulos que llegan.

La diferencia entre el enfoque de la Gestalt del pensamiento y el de los asociacionistas se resume en el cuadro 3-2. Estas dos concepciones no tratan

Cuadro 3-2 Diferencias entre la teoria de la Gestalt y la asociacionista

	Asociacionista	Gestalt
1. Tipo de tareas	Reproductivo	Productivo
2. Actividad mental	Intenta vincular estímulo y respuesta	Reorganiza elementos
3. Unidad de pensamiento	Eslabón estímulo-respuesta	Organizaciones
4. Detalles de la teoría	Precisos	Vagos

con el mismo tipo de problemas. Los guestaltistas están preocupados en la creación de soluciones nuevas a situaciones nuevas mientras que los asociacionistas tratan de la aplicación de hábitos de solución provenientes de experiencias pasadas. Mientras que la teoría de la Gestalt considera el pensamiento como una reordenación de los elementos del problema, la teoría asociacionista afirma que la resolución de problemas consiste en intentar soluciones posibles hasta que una funciona. Al analizar el pensamiento en sus partes constitutivas los guestaltistas se apoyan en estructuras u organizaciones mentales como la unidad del pensamiento mientras que los asociacionistas describen el pensamiento en términos de asociaciones entre estímulo y respuesta. Por último, si bien los psicólogos de la Gestalt operan con un tipo más complicado de pensamiento que los asociacionistas, su teoría es más vaga y por tanto más difícil de comprobar científicamente.

Distinción entre dos tipos de pensamiento

Uno de los conceptos básicos del enfoque de la Gestalt es que existen dos tipos de pensamiento. Uno, basado en la creación de una nueva solución al problema, es llamado *productivo* porque se produce una nueva organización; el otro, basado en la aplicación de soluciones pasadas al problema, se llama pensamiento *reproductivo* porque simplemente se reproducen antiguos hábitos o comportamientos. La distinción entre pensamiento productivo y reproductivo (Wertheimer, 1959; Maier, 1945) también se denomina distinción entre «*insight*» y «ensayo de error» (Kohler, 1925, 1929), «aprehensión con sentido de las relaciones» contra «ejercicios sin sentido y asociaciones arbitrarias» (Katona, 1940), y «comprensión estructural» contra «memoria mecánica» (Wertheimer, 1959). Infortunadamente, sin embargo, los guestaltistas nunca han precisado sus diversas distinciones, han confundido frecuentemente las diferencias en el método instructivo con las diferencias en el subsiguiente enfo-

que de la resolución de problemas y han aportado poco o un cuestionable apoyo empírico a sus afirmaciones.

El sabor de la distinción de la Gestalt entre pensamiento productivo y pensamiento reproductivo puede verse en un ejemplo que da Wertheimer sugiriendo dos métodos para enseñar a los estudiantes cómo encontrar la superficie de un paralelogramo. Un método pone el acento en la propiedad geométrica o estructural: el triángulo que está en un extremo de la figura puede colocarse en el otro extremo formando así un rectángulo (véase cuadro 3-3). El otro método enfatiza una especie de pautas a seguir para calcular la superficie trazando la perpendicular y multiplicando su altura ocho veces el largo de la base.

Si bien los estudiantes que han aprendido con ambos métodos operan igualmente bien en tareas que incluyen hallar la superficie de paralelogramos como sobre aquello que han aprendido, Wertheimer informó que se diferenciaban en la capacidad de transferir lo que habían aprendido a otras tareas. Por ejemplo, los estudiantes que aprendieron «por comprensión» (el primer método) eran capaces de hallar el área de paralelogramos y formas poco usuales y reconocer situaciones incalculables como las que se muestran en la figura, mientras que los estudiantes que habían aprendido de manera mecánica (el segundo método) con frecuencia decían algo como: «Esto todavía no lo hemos aprendido».

En un ejemplo de memorización de hileras de dígitos, Katona (1940) afirmó que el aprendizaje por «comprensión de las relaciones estructurales» no sólo mejoraba la capacidad de los sujetos para transferir sino también su capacidad para retener información en el tiempo. Había enseñado a un grupo a retener la hilera de dígitos 581215192226 por la comprensión del modelo estructural de «sumar 3, sumar 4» como lo indica la organización 5-8-12-15-19-22-26, mientras que otro grupo aprendió por memorización mecánica la hilera organizada como 581-215-192-226. Si bien ambos grupos operaron igualmente bien en la retención inmediata, Katona informó que el primer grupo recordó la hilera de dígitos por más tiempo.

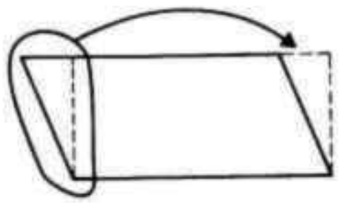
Katona (1940) presentó otro conjunto de situaciones de resolución de problemas bajo la forma de trucos con cartas y problemas con cerillas. Un típico problema de trucos con cartas (truco 3 en la serie) incluía imaginar cómo se podían ordenar ocho cartas de tal forma que si el sujeto ponía la carta superior del mazo descubierta sobre la mesa, ponía la carta siguiente de las siete restantes debajo sin determinar cuál era, colocaba la carta siguiente descubierta sobre la mesa, la siguiente debajo y así sucesivamente hasta agotar el número de cartas, las cartas que quedaran sobre la mesa deberían seguir la secuencia: rojo, negro, rojo, negro, rojo, negro, rojo, negro. El problema era encontrar el orden de las cartas rojas y negras en el mazo original.

La solución se enseñó por dos métodos: a) *aprendizaje por memorización*, en el cual el orden específico para la solución (RRNRRNNN) se daba en su

Cuadro 3-3 Dos enfoques del paralelogramo de Wertheimer

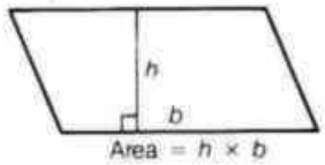
Método de comprensión

El método de comprensión alentaba a los estudiantes a ver las relaciones estructurales en el paralelogramo, por ejemplo, que el paralelogramo podía ser reorganizado como un rectángulo moviendo un triángulo de un lado al otro. Puesto que los estudiantes sabían cómo hallar la superficie de un rectángulo, hallar la superficie de un paralelogramo era fácil una vez que descubrían las relaciones estructurales apropiadas.



Método de memorización

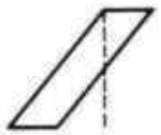
En el método de memorización, se enseñaba a los estudiantes a trazar una perpendicular y luego aplicar las fórmulas para la solución memorizadas.



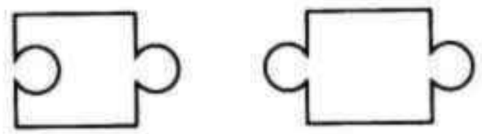
Area = $h \times b$

Transferencia

Ambos grupos trabajaron bien en los problemas típicos que preguntaban por el área del paralelogramo; sin embargo, sólo el grupo de comprensión pudo transferir a problemas nuevos, como por ejemplo hallar el área de las tres figuras siguientes.



o distinguir entre problemas solubles e insolubles como



La respuesta del grupo de «memorización» fue: «Eso todavía no lo hemos dado».

Basado en WERTHEIMER (1945)

Cuadro 3-4 Dos enfoques del problema de cartas de Katona

El problema

Poner una carta sí y una no sobre la mesa. Las cartas que no se ponen sobre la mesa se ponen abajo del mazo, hasta que las ocho cartas quedan sobre la mesa. El orden de aparición sobre la mesa es RNRNRNRN. ¿Cuál era el orden en el mazo original?

Grupo de memorización (Grupo Mem)

Se les enseña a los sujetos la solución por memorización mecánica: «El orden del mazo original era RRNRRNNN».

Método con sentido (Grupo Comp)

O bien pueden aprender por un método con sentido que implique un diagrama:

1ª hilera	R	?	N	?	R	?	N	?
2ª hilera		R		?		N		?
3ª hilera				R				?
4ª hilera								N
Original	R	R	N	R	R	N	N	N

Resultados

Las proporciones típicas correctas en los tests de retención y transferencia fueron:

	Problemas de transferencia			Problemas de retención		
Grupo	N.º 1	N.º 2	N.º 3	N.º 3	N.º 4	N.º 5
Mem	0,23	0,08	0,42*	0,32*	0,36*	0,18
Comp	0,44	0,40	0,44*	0,48*	0,62	0,52
Control	0,09	0,03	0,09	10,09	0,14	0,09

* Los sujetos tenían práctica en el problema anterior al test.

Adaptado de KATONA (1940)

integridad al que tenía que resolver el problema y éste debía memorizarlo; y b) *aprendizaje por comprensión*, en el cual el que debía resolver el problema recibía un diagrama para ayudarle a imaginar la «estructura» del problema por sí mismo. El sistema de diagrama incluía escribir el color requerido para cada carta en cada recorrido por el mazo como lo muestra el cuadro 3-4.

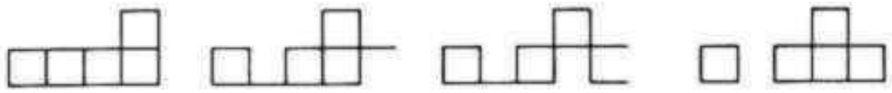
Cuadro 3-5 Dos enfoques del problema de las cerillas de Katona

El problema

Dadas cerillas para formar cinco cuadrados, mover tres para formar cuatro cuadrados.

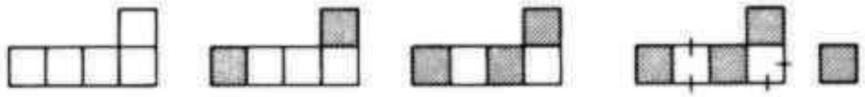
Método de memorización (Grupo Mem)

Los pasos para la solución completa se presentan en orden al sujeto, moviendo una cerilla por vez y repitiendo seis veces. Para el problema anterior los movimientos necesarios son:



Grupo con sentido (Grupo Ayuda)

El segundo método implica dar una serie de sugerencias al sujeto acompañadas por el comentario: «Trata de comprender lo que estoy haciendo».



Resultados

La proporción típica correcta en los tests de retención y transferencia fue la siguiente:

	Test después de 1 semana		Test después de 3 semanas	
Grupo	Tareas practicadas	Tareas nuevas	Tareas practicadas	Tareas nuevas
Mem	0,67	0,25	0,53	0,14
Ayuda	0,58	0,55	0,52	0,55
Control	0,12	0,12	0,12	0,12

Nota. Los sujetos que hicieron el test después de tres semanas eran otros que los que lo hicieron después de una semana.

De KATONA (1940)

En un experimento, los sujetos del grupo de memorización aprendían este truco y el truco 4 (en el cual producían una cadena de espadas desde el as al ocho sacando cartas alternadas) por la memorización del orden requerido durante 4 minutos. Los sujetos del grupo de comprensión tenían el mismo tiempo para aprender, por medio del diagrama sugerido, cómo arreglar el mazo para el truco 3 solamente. Un grupo testigo no recibió entrenamiento alguno. Una tarea de transferencia inmediata consistió en la tarea aprendida anteriormente (truco 3), una variación sencilla del truco 3 (truco 1 salida NRNRNR sacando cada carta alternada) y una variante difícil (truco 2, igual resultado que el truco 3 sacando 1 carta de cada tres); una tarea de retención a las cuatro semanas consistió en los trucos 3, 4 y 5 (igual resultado que el truco 1 pero sacando una de cada tres cartas).

Los resultados resumidos en el cuadro 3-4 muestran la proporción correcta. Como puede verse, los sujetos del grupo de memorización (Grupo Mem) trabajaron un poco mejor en la retención inmediata pero mucho peor en la transferencia y en la retención a largo plazo de lo que lo hicieron los del grupo de comprensión (Grupo Comp).

Katona también informó sobre investigaciones en las cuales los sujetos aprendían a resolver problemas con cerillas por medio de diversos métodos instructivos. Dos de estos métodos eran: 1) Grupo Mem, en el cual el experimentador presentaba la serie completa de los pasos para la solución en orden, moviendo una cerilla a la vez y repitiendo la serie seis veces, y 2) Grupo Ayuda, en el cual el experimentador presentaba una serie de sugerencias para ayudar a los sujetos a comprender la estructura del problema, como por ejemplo sombreando los cuadrados esenciales y señalando los palillos que debían moverse. Por ejemplo, en el problema del cuadro 3-5, se le mostraron al sujeto cinco cuadrados hechos con palitos y se le pidió que moviera tres palitos para formar cuatro cuadrados; no podía retirar ningún palito y todos los cuadrados tenían que tener un palito de ancho y otro de largo. El primer método (memorización) consistió en mostrar repetidamente al sujeto los movimientos necesarios y el segundo método (comprensión) lo alentaba a descubrir el principio de que algunos palitos se utilizaban como lados de un cuadrado y algunos bordeaban dos cuadrados, y el experimentador le hacía sugerencias diciendo: «Trata de comprender lo que estoy haciendo».

En un experimento típico, todos los sujetos pasaban por 1) un pretest para asegurar su estado inicial de experiencia, 2) practicaban en las dos tareas por uno de los dos métodos y 3) pasaban por tests retardados (algunos después de una semana y otros después de tres semanas) sobre los problemas aprendidos así como sobre dos nuevas tareas de transferencia.

Los resultados, en términos de porcentaje de corrección, se dan en el cuadro 3-5. Los sujetos del Grupo Mem trabajaron bastante bien —mejor que los sujetos del Grupo Ayuda— en retención de la solución en tareas practicadas tanto después de una semana como después de tres semanas; sin embargo el Grupo Mem fue muy superior (lo mismo que el Grupo Comp con los trucos de cartas) en las tareas de transferencia.

El diseño experimental, la falta de definiciones claras, y especialmente, la

falta de análisis estadísticos, son todos aspectos que han sido criticados (MELTON, 1941; KATONA, 1942) y en la medida en que estas críticas están justificadas, es difícil una interpretación de los resultados de Katona. Sin embargo, hay cierta evidencia de la idea de que dar a los sujetos sugerencias de modo que puedan descubrir la «estructura de la situación problemática» ayuda para la transferencia: lo que los guestaltistas llamarían resolución productiva del problema. Por ejemplo, en un experimento semejante realizado bajo condiciones más controladas, HILGARD, IRVINE y WHIPPLE (1953) descubrieron que el grupo de comprensión necesitaba mucho más tiempo para resolver los dos problemas prácticos que el grupo de memorización, operaba de manera igual a los sujetos memorizadores en un test de retención de un día, y operaba significativamente mejor en un conjunto de problemas de transferencia.

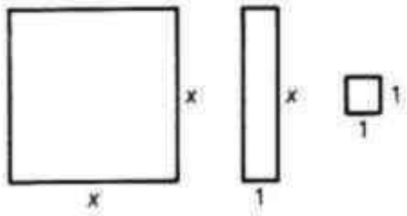
Una cuestión práctica importante que se plantea en estos trabajos es cómo ayudar a los aprendices a «comprender» de modo que se conviertan en pensadores productivos capaces de transferir su experiencia a problemas nuevos. Por ejemplo, HILGARD, IRVINE y WHIPPLE (1953) han señalado que muchos de los sujetos llamados comprensivos no comprendían realmente el aparato de diagramación en su pleno sentido. En otro experimento, HILGARD, ERGREN e IRVINE (1954) enseñaban a los sujetos por medio de una de cinco variantes de la enseñanza por comprensión. Si bien no hubo diferencias generales en las tareas de transferencia, los errores que cometían los sujetos dependían del tipo de método utilizado, sugiriendo una aplicación mecánica de las diversas ayudas. De igual forma, CORMAN (1957) descubrió que el hecho de dar a los sujetos una explicación del «principio de la doble función» —que un palito puede ser parte de un cuadrado o de dos— no ayudaba en el pensamiento productivo o de transferencia aunque el método del diagrama sí lo hacía. Aparentemente, un principio supuestamente significante como el diagrama o el método de la doble función puede ser aprendido de manera mecánica.

En los últimos años la distinción entre estos dos tipos de aprendizaje para resolver problemas se ha presentado en forma igualmente ambigua de una separación entre métodos de instrucción por «descubrimiento» y por «exposición» (SHULMAN y KEISLER, 1966). BRUNER (1961, 1966, 1968) fue el mayor partidario del método de descubrimiento. Si bien los educadores con frecuencia describen el descubrimiento como un método instructivo y como un resultado deseado del aprendizaje, y pocas veces definen empíricamente a ninguno de los dos, instrumentaron diversos ejemplos del método de instrucción preferido por Bruner (véase SHULMAN, 1968).

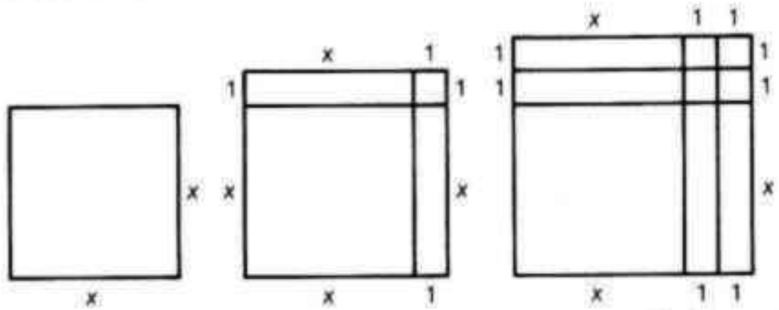
Por ejemplo, el método de Dienes para enseñar a los niños el concepto de ecuación de segundo grado se basaba en permitir que los estudiantes manipularan las formas que se ven en el cuadro 3-6 de tal forma que pudieran visualizar que el área de un cuadrado, cuya longitud de lado x, es x^2, y que en la proporción, según se agreguen cuadrados o rectángulos, tenemos $(x + 2)^2$, en consecuencia, para obtener el área aplicamos la fórmula $x^2 + 4x + 4$, por ejemplo (véase BRUNER y KENNEY, 1966). El método de descubrimiento comparte con el aprendizaje por comprensión de la Gestalt la promesa de un rendimiento superior tanto en la transferencia como en la retención por parte del sujeto; en resumen, el camino hacia el pensamiento productivo está pavimentado con el descubrimiento de la estructura del problema. Si bien la idea de la comprensión estructural es vaga y difícil de aplicar, los psicólogos y los educadores aún intentan la tarea de clasificar y determinar si aporta realmente una mejor transferencia y retención del conocimiento.

Cuadro 3-6 Aprendizaje por descubrimiento de la ecuación cuadrática

Se alienta a los niños para que manipulen formas como éstas:



De esta forma pueden visualizar que el área del cuadrado de longitud de lado x es x^2, de lado $(x + 1)$ es $x^2 + x + x + 1$, de lado $(x + 2)$ es $x^2 + 4x + 4$, y así sucesivamente como se muestra a continuación:



De BRUNER y KENNEY (1965).
©1965 por The Society of Research in Child Development, Inc.

Estadios en la resolución de problemas

Fases generales

Se hicieron varios intentos para dividir el proceso de pensamiento en otros

Cuadro 3-7 Las fases de resolución del problema según Wallas: un ejemplo de Poincaré

«Durante quince días me esforcé en probar que no podía haber ninguna función como las que desde entonces he llamado funciones fuchsianas. Entonces era muy ignorante: me sentaba cada día a mi mesa de trabajo, me quedaba una o dos horas, intentaba un gran número de combinaciones y no obtenía ningún resultado. Una tarde, contrariamente a mi costumbre, tomé café y no me podía dormir. Las ideas me asaltaban a montones; las sentía enfrentarse hasta que se combinaron a pares, por así decir, formando una combinación estable. A la mañana siguiente había establecido la existencia de una clase de funciones fuchsianas, las que provienen de las series hipergeométricas; sólo tenía que escribir los resultados, lo cual apenas me tomó unas horas.

»Entonces quise representar esas funciones por el cociente de dos series; esta idea era perfectamente consciente y deliberada, pues me guiaba la analogía con las funciones elípticas. Me pregunté qué propiedades tendrían estas series si existieran y así logré sin dificultad formar la serie que he denominado theta-fuchsiana.

»Justo para esta época dejé Caen, donde estaba viviendo, y me fui a una excursión geológica bajo los auspicios de la escuela de minas. Los cambios del viaje me hicieron olvidar mi trabajo matemático. Cuando llegamos a Countances, subimos a un autobús para ir a algún sitio. En el momento en que puse el pie en el primer escalón surgió la idea, sin que nada en mis pensamientos anteriores le hubiera preparado el camino, de que las transformaciones que había utilizado para definir las funciones fuchsianas eran idénticas a las de la geometría no-euclideana. No verifiqué la idea; no hubiera tenido tiempo, pues una vez que tomé mi asiento en el autobús, seguí con una conversación que ya había comenzado, pero sentía una seguridad absoluta. Cuando regresé a Caen, por motivos de conciencia, verifiqué el resultado a mi gusto.»

De Poincaré (1913)

estadios menores. En su clásico libro *The Art of Thought*, Wallas (1926) sugería cuatro fases:

1. *Preparación* — Recolección de información e intentos preliminares de solución.
2. *Incubación* — Dejar el problema de lado para realizar otras actividades o dormir.
3. *Iluminación* — Aparece la clave para la solución (aquí es donde se produce el «destello del *insight*» o el «ajá»).
4. *Verificación* — Se comprueba la solución para estar seguros de que «funciona».

Desafortunadamente, estos cuatro estadios están basados en introspecciones realizadas por Wallas y otros, acerca de lo que se piensa en una resolución de problemas antes de la experimentación psicológica. Sin embargo, McKeachie y Doyle (1970) han mostrado cómo estos análisis pueden aplicarse con éxito parcial a los informes sobre el proceso de pensamiento, como son las introspecciones del matemático Henri Poincaré (1913) que se muestran en el cuadro 3-7. Los primeros quince días de pensamiento son para Poincaré el período de preparación; la preparación continúa como ideas «en conflicto hasta que se unen por pares», y sigue inmediatamente la iluminación y la verificación. En la segunda fase, la preparación se continúa por la iluminación y la verificación, aparentemente sin que se produzca una irrupción súbita del *insight*. La tercera parte de la introspección completa los cuatro estadios de Wallas, incluyendo un período de incubación (durante la excursión geológica) y una súbita irrupción del *insight* en el período de iluminación.

Más recientemente, Polya (1957, 1968) introdujo una serie de pasos en la resolución de problemas basados en observaciones que realizó como profesor de matemáticas. Los cuatro pasos de Polya —que describe por primera vez en *How To Solve It* (1957)— son:

Comprensión del problema — El que debe resolver el problema reúne información acerca del problema y pregunta: «¿Qué quiere (o qué es lo que se desconoce)? ¿Qué tiene (o cuáles son los datos y condiciones)?»

Elaboración de un plan — El sujeto intenta utilizar la experiencia pasada para encontrar un método de solución y pregunta: «¿Conozco un problema relacionado? ¿Puedo reformular el objetivo de una nueva forma utilizando mi experiencia pasada (trabajando hacia atrás) o puedo reordenar los datos de una nueva forma que se relacione con mi experiencia pasada (trabajando hacia adelante)?» (Aquí es donde surge el *insight.)*

Puesta en marcha del plan — El sujeto pone en práctica su plan de solución comprobando cada paso.

Reflexión — El sujeto intenta comprobar el resultado utilizando otro método, o viendo cómo todo encaja y se pregunta: «¿Puedo utilizar este resultado o este método para resolver otros problemas?»

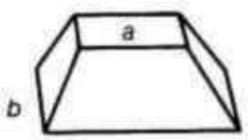
Los pasos de Polya son semejantes a los de Wallas en líneas generales. El paso de «comprensión» de Polya es similar a la fase de preparación de Wallas, su «elaboración de un plan» tiene algo de la fase de preparación de Wallas y tanto las fases de incubación como la de iluminación, y la «puesta en marcha del plan» y la «reflexión», están relacionadas con la verificación de Wallas.

El cuadro 3-8 muestra un ejemplo de las cuatro fases de Polya (1968) para la resolución de un problema basado en un problema matemático. La fase de «comprensión del problema» requiere que el sujeto pregunte cuáles son los datos (a, b y h están dados) y cuál es la incógnita (F es la incógnita).

La fase de «elaboración de un plan» requiere que el sujeto «mire a su al-

Cuadro 3-8 Estadios en la solución del problema de la pirámide truncada de Polya

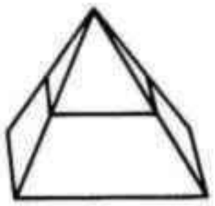
El problema



Hallar el volumen *F* de la pirámide truncada de base cuadrada dada la altura *h*, cuya base superior tiene un lado de longitud *a* y la base inferior tiene el lado de longitud *b*.

El proceso de solución

1. Comprensión del problema. El sujeto pregunta: ¿Qué quiere Ud.? Respuesta: El volumen de la pirámide truncada *F*. El sujeto pregunta: ¿Cuáles son los datos? Respuesta: *a*, *b*, y *h*.
2. Preparación de un plan. Si el lector no puede resolver el problema propuesto, busque un problema relacionado apropiado. El sujeto pregunta: ¿Cuál es el problema relacionado que yo puedo resolver? Respuesta: El volumen de una pirámide. El sujeto pregunta: ¿Puedo reformular el objetivo o los datos de manera diferente? Respuesta: Reformule el objetivo como el volumen de una pirámide menos el volumen de una pirámide menor en la porción superior. Reformule los datos para alcanzar el alto total de la pirámide mayor y la altura de la pirámide menor en la porción superior.

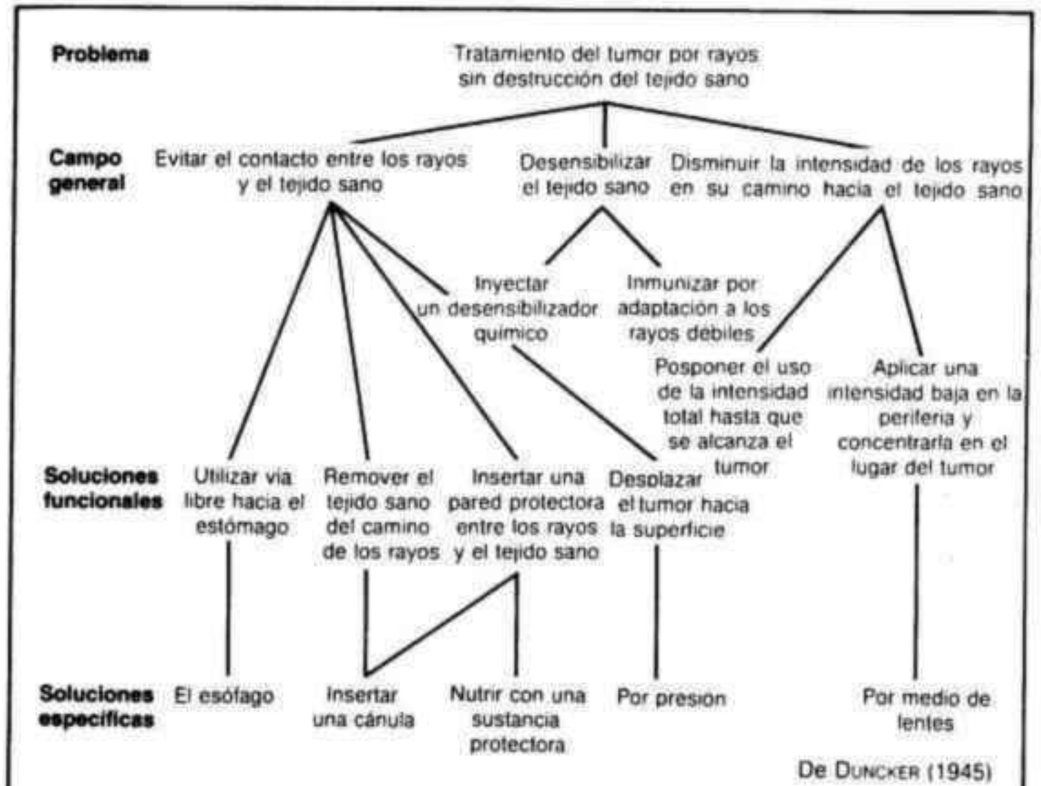


3. Poner el plan en práctica. Utilice las fórmulas conocidas para hallar la altura de la pirámide mayor, de la pirámide menor y el volumen de ambas.
4. Reflexión. El sujeto pregunta: ¿Puedo utilizar este método para otros problemas? ¿Comprendo la lógica general de este método?

Basado en POLYA (1965)

rededor en busca de un problema con relación apropiada». (Hay que presuponer que el sujeto ya conoce cómo hallar el volumen de una pirámide.) Además, el sujeto debe intentar reformular ya sea el objetivo o los datos para que se adecuen al problema que él relaciona. En el problema de la pirámide truncada el sujeto puede reformular el objetivo para hallar el volumen de la pirámide grande menos el volumen de la pirámide pequeña y luego utilizar los datos para obtener las variables necesarias. La fase de «poner en marcha el plan» requiere que el sujeto haga los cálculos utilizando la fórmula del volumen de la pirámide. La fase de «reflexión» requiere que el sujeto vea la lógica de lo que obtuvo y que compruebe si el método funciona en otros problemas.

Cuadro 3-9 Arbol de solución para un sujeto que esté trabajando sobre el problema del tumor de Duncker



De DUNCKER (1945)

Como puede verse, la idea de Polya de la reformulación del objetivo (trabajando hacia atrás a partir de la incógnita hacia los datos) y reformular los datos (trabajando hacia delante desde los datos hacia el objetivo) son ejemplos de la noción guestáltica de «reestructuración». Si bien Polya aporta varias intuiciones excelentes acerca de cómo se produce la reestructuración y cómo fomentarla, el concepto es todavía confuso y no ha sido bien estudiado experimentalmente.

Soluciones y reformulaciones funcionales

DUNCKER (1945) intentó estudiar los estadios de resolución de problemas

empíricamente, planteándoselo a un sujeto y pidiéndole que informara en voz alta el proceso de pensamiento a medida que iba pensando. El problema que Duncker utilizó era el problema del tumor, que aparece en el cuadro 3-9 y que se formula de la manera siguiente: «Dado un ser humano con un tumor de estómago inoperable, y rayos que destruyen el tejido con suficiente intensidad, ¿que procedimiento se puede utilizar para librarle del tumor con estos rayos y al mismo tiempo evitar destruir el tejido sano que lo rodea?». El registro que obtuvo de un sujeto típico llevó a Duncker a concluir que la solución de un problema avanza por estadios, de las soluciones más generales hacia las más específicas, y que el problema original es reformulado contínuamente. Un ejemplo de cómo la resolución de problemas va desde *soluciones generales* a *soluciones funcionales* a *soluciones específicas* es la solución tres para el problema del tumor. Por ejemplo, una solución general podría ser «evitar el contacto entre los rayos y los tejidos sanos»; una vez que los sujetos hayan pensado en esto por lo general buscarán diversas soluciones funcionales tales como «utilizar el camino libre hacia el estómago», o «insertar una pared protectora», o «retirar el tejido sano del camino» y por último llegarán a las soluciones específicas como «utilizar el esófago» o «insertar una cánula». Si ese plan general o esas soluciones funcionales fracasan, los sujetos deberán pensar nuevas soluciones generales y funcionales tales como «baja intensidad de rayos en su paso a través de los tejidos sanos»; las ideas más específicas que sucedieron a esta idea general fueron «suprimir los rayos cuando se acercan al tejido sano y aplicarlos cuando se llega al tumor» (errónea), o bien «utilizar una lente focalizada» (correcta).

Al igual que Polya y otros psicólogos de la Gestalt, Duncker observó varios fenómenos básicos en el proceso de resolución de problemas.

Solución funcional o *valor* — Los elementos del problema deben considerarse según su utilidad general o funcional en el problema y las soluciones generales o funcionales preceden a las soluciones específicas.

Reformulación o *recentramiento* — La solución del problema incluye estadios sucesivos de reformulación o reestructuración del problema y con cada solución parcial se crea un nuevo problema, más específico. En este ejemplo, la solución general de desensibilizar el tejido sano es una reformulación del objetivo original.

Sugerencia desde arriba — Reformular el objetivo para volverlo más cercano a los datos, por ejemplo, pensando en proteger los tejidos sanos por algún tipo de desensibilización. Esto es similar al «trabajo hacia atrás» de Polya.

Sugerencia desde abajo — Reformular los datos de modo que estén más estrechamente relacionados con el objetivo, por ejemplo, pensar en utilizar los rayos en alguna medida debilitados, lo que es similar al «trabajo hacia adelante» de Polya.

Cuadro 3-10 Determinación del número de estadios en la solución de un problema

Presupuestos

1. Resolver un problema implica completar una secuencia de estadios. Cuando se completa un estadio, el sujeto pasa a trabajar en el siguiente.
2. Cada estadio es independiente.
3. Cada estadio es igualmente difícil. El tiempo medio para avanzar de un estadio al siguiente es una constante.

Basado en Restle y Davis (1962)

Otro ejemplo es el problema del 13 de Duncker (1945): «¿Por qué todos los números de 6 cifras del tipo 276.276 o 591.591 o 112.112 y así sucesivamente, son divisibles por 13?» La solución, según Duncker, implica una sugerencia desde abajo para reformular o recentrar el material originalmente dado de *abcabc* a *abc* × 1001. Una vez que el sujeto ha reformulado los datos en esta forma puede argumentarse que todo número divisible por 1001 es divisible por 13. En sus experimentos, Duncker descubrió que cuando les decía a los sujetos: «Los números son divisibles por 1001» alrededor del 59 % de los sujetos resolvía el problema, pero cuando daba la regla general o ninguna ayuda, el índice de solución era de 15 % o menos. De modo que Duncker señalaba que «la dificultad real del problema del 13 se supera tan pronto como emerge el común divisor 1001», es decir, tan pronto como se reformulan los datos.

Subobjetivos

Recientemente se han hecho intentos más sofisticados para investigar de qué forma los problemas se reformulan en problemas menores o *subobjetivos* como lo sugería Duncker. Una técnica desarrollada por Restle y Davis (1962) está basada en la idea de que resolver un problema implica un pasaje individual a través de un número de estadios independientes y subsiguientes y resolver un subproblema en cada estadio, lo cual permite al sujeto comenzar a trabajar en el estadio siguiente (véase cuadro 3-10). El número de estadios, k,

para cualquier problema dado puede determinarse aproximadamente, según la argumentación de Restle y Davis, por el cuadrado del tiempo medio para obtener la solución, t, dividido por el cuadrado de la desviación estándar del tiempo para obtener la solución, s. La teoría queda resumida en la fórmula $k = t^2 \div s^2$.

Se utilizaron datos de tres problemas diferentes. El problema de la soga pregunta cómo es posible que un prisionero escape de una torre utilizando una cuerda que mide la mitad de lo que necesita dividiendo la cuerda en dos y atando las dos mitades. La solución —de que divide la cuerda a lo largo— toma un tiempo medio de 131 segundos y una desviación estándar de 115 segundos, alcanzando un valor de $k = 1{,}3$. Pero el problema de la cuerda es un problema de un estadio. Un segundo problema era el de la pregunta confusa: «Si el acertijo que resolviste antes de resolver éste era más difícil que el acertijo que resolviste después que resolviste el acertijo que resolviste antes de resolver éste, ¿era el acertijo que resolviste antes que resolvieras éste, más difícil que éste?» La respuesta —sí— llevó un tiempo promedio de 265 segundos con una desviación estándar de 154 segundos, de modo que k, el número de estadios, es aproximadamente 3. Por último, el problema del oro en polvo pide a los sujetos que averigüen cómo obtener exactamente 77 unidades de oro en polvo utilizando contenedores de medida 163, 14, 25 y 11. La respuesta —163 menos 25 menos 25 menos 14 menos 11 menos 11, o bien 163 menos 25 menos 25 menos 25 menos 11, etcétera— llevó un tiempo medio de 373 segundos con una desviación estándar de 167, llegando aproximadamente a 5 estadios. Si bien la técnica de Restle y Davis permite una determinación empírica del número de estadios, no nos dice cuáles son; el modelo presupone que todos los estadios del problema son igualmente difíciles, lo cual no parece ser exacto.

Un método para estudiar los subobjetivos en la resolución de problemas que supera algunos de estos problemas fue desarrollado por Hayes (1965, 1966) en su estudio con los problemas de espías (véase cuadro 3-11). Los sujetos memorizaban una lista de conexiones entre espías y entonces se les pedía que dijeran en voz alta cómo hacer llegar un mensaje de un espía a otro. Hayes dio a algunos sujetos subobjetivos como «Pase un mensaje de JOE a través de MONO y CASCADA para GATO», mientras que a los otros sujetos no se les daban subobjetivos sino que sólo se les decía «Pase un mensaje de JOE a GATO». El tiempo medio utilizado para realizar cada uno de los nuevos pasos requeridos para la solución de un problema típico se muestra en el cuadro 3-11. Como muestra el gráfico, los subobjetivos parecían dividir el problema en tres partes menores: de JOE al tercer espía, MONO, y del tercer espía al sexto, CASCADA, y del sexto al último, GATO. Los sujetos trabajaron más rápido a medida que se acercaban al subobjetivo y más lentamente en los pasos posteriores al subobjetivo. Aparentemente, después que alcanzaban un subobjetivo había un período en que los sujetos pensaban en cómo llevar adelante el siguiente subproblema, lo cual era seguido por un aumento de la ve-

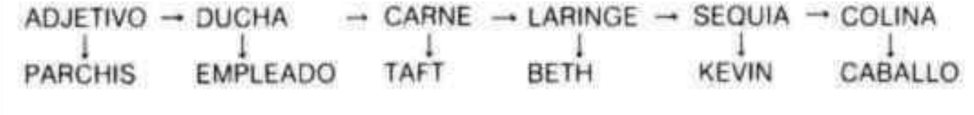
Cuadro 3-11 El problema del espia

El problema

Los sujetos memorizaron una lista de conexiones para espias que pueden pasar mensajes de uno al otro, tales como:

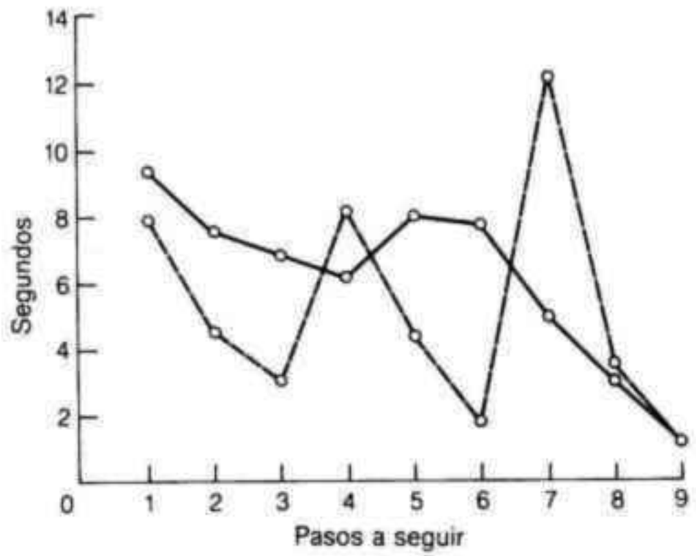
DUCHA a EMPLEADO
SEQUIA a COLINA
LARINGE a BETA
ADJETIVO a DUCHA
COLINA a CABALLO
CARNE a LARINGE
ADJETIVO a PARCHIS
SEQUIA a KEVIN
DUCHA a CARNE
LARINGE a SEQUIA
CARNE a TAFT

Las conexiones desde la red (que no se muestra a los sujetos):



Los resultados

El siguiente gráfico muestra el tiempo promedio de los sujetos cuando se les da subobjetivos (linea de puntos) y de los sujetos cuando no se les da subobjetivos (linea entera).

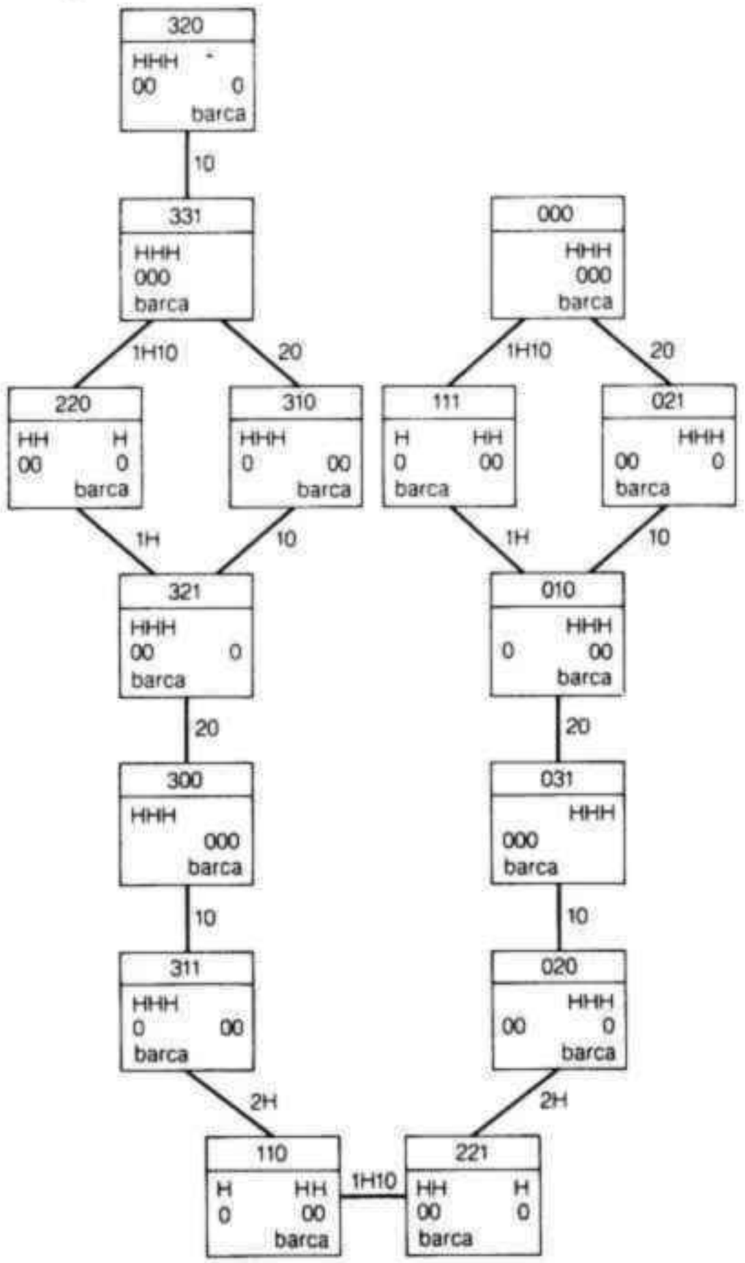


De Hayes (1966)

Cuadro 3-12 Pasos para resolver el problema de los *hobbits* y los *orcos*

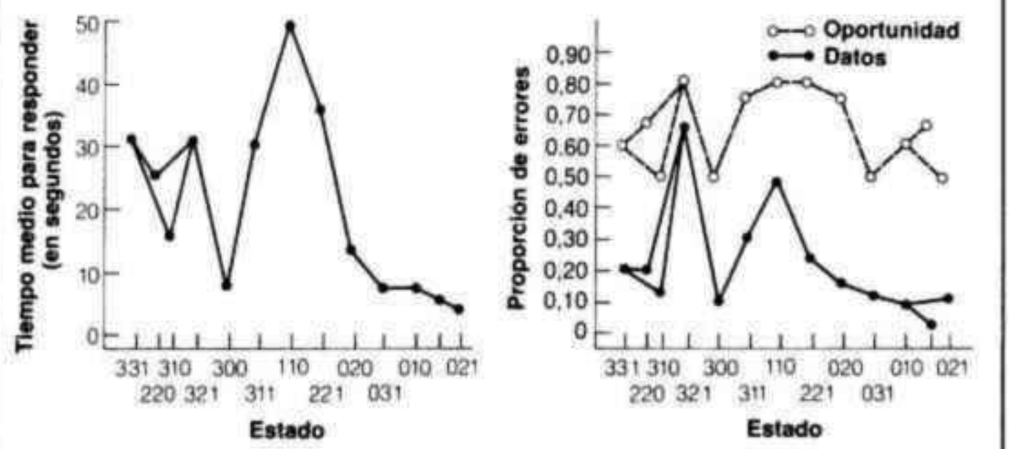
A. El espacio del problema

Cada estado está especificado por un código de tres dígitos: 1) el número de *hobbits* en el lado de salida, 2) el número de *orcos* en el lado de salida, 3) la colocación de la barca: 1 si está del lado de salida y 0 si está en el lado opuesto.



Cuadro 3-12 *continuación*

B. Tiempo medio utilizado y errores cometidos en cada estado



De THOMAS (1974)

locidad en los pasos hacia el siguiente subobjetivo; volvían a aminorar mientras pensaban cómo resolver el siguiente subproblema y así sucesivamente. Los sujetos a los que no se les habían indicado subobjetivos parecían dividir el problema en dos grandes subproblemas —sus tiempos de solución caían a partir del espía dado JOE, hasta el cuarto espía, luego había una pausa, y luego la velocidad aumentaba desde el quinto hasta el último espía, GATO. El hecho de que los tiempos de solución tiendan a acelerarse a medida que el sujeto se aproximaba al subobjetivo y a reducirse en los pasos subsiguientes sugiere que los sujetos reestructuraban o partían los problemas en problemas más pequeños e intentaban resolver los subproblemas.

THOMAS (1974) utilizó un procedimiento similar para determinar si los sujetos establecían subobjetivos en un problema más difícil: el problema de los *hobbits* y los *orcos*. El problema consiste en llevar tres *hobbits* y tres *orcos* a través de un río en una barca que sólo puede llevar una o dos criaturas por vez y al menos una criatura en la barca durante cada cruce. La otra condición es que los *orcos* nunca deben superar en número a los *hobbits* en ninguna de las riberas (cuadro 3-12A). Un análisis del tiempo medio para realizar cada movimiento y los errores en cada movimiento muestra picos en el estado 321 y 110 (cuadro 3-12B). Las dificultades en esos estadios del proceso de solución no quedan completamente determinadas por el número de respuestas alternativas, lo cual parece indicar que los sujetos dividen el problema en tres subproblemas: desde el principio en 320 hasta el estado 310 o 220, desde este punto hasta 300 o 311 y de aquí al objetivo, 000. Lo mismo que en el estudio de

Hayes, los sujetos tendían a dividir el problema en subproblemas; sus tasas de error y sus tiempos parecen caer a medida que se acercan a un subobjetivo y elevarse en los pasos que siguen directamente a los subobjetivos.

Rigidez en la resolución de problemas

Conjunto para la resolución de problemas

Otra gran contribución de los psicólogos de la Gestalt es su descubrimiento de que la experiencia anterior puede tener efectos negativos en algunas situaciones nuevas de resolución de problemas. La idea de que la aplicación reproductiva de hábitos del pasado inhibe la resolución productiva de los problemas ha sido denominada *fijeza funcional* (DUNCKER, 1945), *Einstellung* (término alemán para *actitud*) o *conjunto para la resolución de problemas* (LUCHINS, 1942) y *transferencia negativa* (BARTLETT, 1958).

El trabajo de Luchins (LUCHINS, 1942; LUCHINS y LUCHINS, 1950) aporta un ejemplo citado con frecuencia de cómo la experiencia previa puede limitar la capacidad individual para desarrollar una regla de solución de alcance y generalidad suficientes. El problema de la jarra de agua consiste en presentar a los sujetos la situación hipotética de tres jarras de agua de variados tamaños y un aporte ilimitado de agua y se les pide que digan cómo obtener una cantidad requerida de agua. Los problemas, en orden de presentación (cerca de dos minutos para cada uno), se reproducen en el cuadro 3-13.

El ítem 1 es un ejemplo práctico. Al grupo experimental se le dieron los problemas 2 al 11 en orden, uno por vez, y cada sujeto debía resolverlos sin ayuda del experimentador. El grupo testigo recibía la misma introducción y la misma práctica pero comenzaba trabajando en los problemas 7 al 11. Luchins llama a los problemas 2 al 6 problemas de *einstellung* porque todos evocaban el mismo conjunto de resolución de problemas $b - a - 2c$ como solución. Los problemas 7, 8, 10 y 11 eran problemas críticos porque podían ser resueltos ya sea por medio de un método más corto, productivo ($a - c$ o $a + c$) o por el método más largo de resolver del 2 al 6. El problema 9 fue insertado para ayudar a los sujetos a «recuperarse» de su respuesta mecanizada o *Einstellung*, puesto que $b - a - 2c$ era una fórmula que no funcionaba en este problema; la recuperación, en tal caso, sólo podía apreciarse por una mayor tendencia a utilizar la solución más corta en los problemas 10 y 11 más que en los problemas 7 y 8. Luchins llevó a cabo este experimento sobre más de 900 sujetos que abarcaban desde estudiantes de la escuela primaria hasta estudiantes de alta graduación.

Los resultados típicos se muestran en el cuadro 3-13. El grupo testigo casi siempre descubrió la solución corta, directa, mientras que el grupo experimental con frecuencia utilizó la solución más larga, *Einstellung*, incluso en los problemas 10 y 11. Luchins resumió sus descubrimientos como sigue (LUCHINS y LUCHINS, 1950): «Este experimento básico y sus variantes fue realizado por el autor con más de 900 sujetos. La mayoría de ellos mostraron un considerable

Cuadro 3-13 El problema de la jarra de agua

Problema	Jarras dadas de las siguientes medidas A	B	C	Obtener la cantidad
1.	29	3		20
2. *Einstellung* 1	21	127	3	100
3. *Einstellung* 2	14	163	25	99
4. *Einstellung* 3	18	43	10	5
5. *Einstellung* 4	9	42	6	21
6. *Einstellung* 5	20	59	4	31
7. Crítico 1	23	49	3	20
8. Crítico 2	15	39	3	18
9.	28	76	3	25
10. Crítico 3	18	48	4	22
11. Crítico 4	14	36	8	6

Respuestas posibles a los problemas críticos (7, 8, 10, 11)

Problema	Solución *Einstellung*	Solución directa
7	49 – 23 – 3 – 3 = 20	23 – 3 = 20
8	39 – 15 – 3 – 3 = 18	15 + 3 = 18
10	48 – 18 – 4 – 4 = 22	18 + 4 = 22
11	36 – 14 – 8 – 8 = 6	14 – 8 = 6

Realización de los sujetos típicos en los problemas críticos

Grupo	Solución *Einstellung*	Solución directa	Sin solución
Control (niños)	1%	89%	10%
Experimental (niños)	72%	24%	4%
Control (adultos)	0%	100%	0%
Experimental (adultos)	74%	26%	0%

Adaptado de LUCHINS (1942)

efecto *Einstellung*. La recuperación de la mecanización en general no fue grande para los grupos de adultos y casi despreciable en los grupos de la escuela primaria». Basándose en estos descubrimientos, LUCHINS (1942, pág. 15) observó las consecuencias del pensamiento mecanizado: «*Einstellung* —acostumbramiento— crea un estado mecanizado de la mente, una actitud ciega ante los problemas; no se mira al problema por sus propios méritos sino que se acompaña por la aplicación mecánica de un método ya utilizado».

Este trabajo monumental dio la base para la afirmación de la Gestalt de que la aplicación reproductiva de los hábitos pasados podía actuar en detrimento de una solución eficaz y productiva ante una situación nueva. Por supuesto, existe otra explicación que con frecuencia es citada por los psicólogos de tendencia asociacionista, y es que los sujetos experimentales que usaron el método *Einstellung* para resolver nuevos problemas eran en realidad más eficientes porque no tenían que perder tiempo creando un nuevo método para cada problema. Sin embargo los resultados de Luchins aportan evidencia de que la experiencia pasada puede limitar el tipo de solución que ún sujeto improvisa ante una situación nueva.

BARTLETT (1958) observó un efecto similar, al que llamó *transferencia negativa*, cuando observó cómo los sujetos resolvían el problema DONALD + GERALD = ROBERT del cuadro 3-14. La tarea era sustituir números por letras dado que D = 5, que cada número de 0 a 9 tenía su letra correspondiente y que cada letra debía tener un número diferente al de otra letra. Observando a sus sujetos, BARTLETT (1958, pág. 59) notó que gran parte de la dificultad que tenían se debía a sus hábitos pasados o métodos pasados para resolver problemas de suma y resta, tales como trabajar de derecha a izquierda. «Varios más intentaron resolver el problema, pero no pudieron hacerlo. Sustituían 5 por D o 0 por T, pero como no se da una clave directa para L y R, decían que no podían seguir adelante. Parece que el hábito de comenzar a hacer una suma por la columna de la derecha y seguir hacia la izquierda con las columnas siguientes estaba tan profundamente internalizado que no podían concebir otro método de enfoque, y pronto se cansaron de tratar de encontrar L y R por ensayo y error.»[1]

Fijeza funcional

Utilizando un enfoque un poco más experimental, DUNCKER (1945) también investigó de qué forma la experiencia pasada puede limitar la productividad en la resolución de problemas. Por ejemplo, diseñó un diagrama para

1. La solución, de paso, es: T = 0, G = 1, O = 2, B = 3, A = 4, D = 5, N = 6, R = 7, L = 8, E = 9.

Cuadro 3-14 Problema Donald + Gerald = Robert

```
  DONALD
+ GERALD
--------
  ROBERT
```

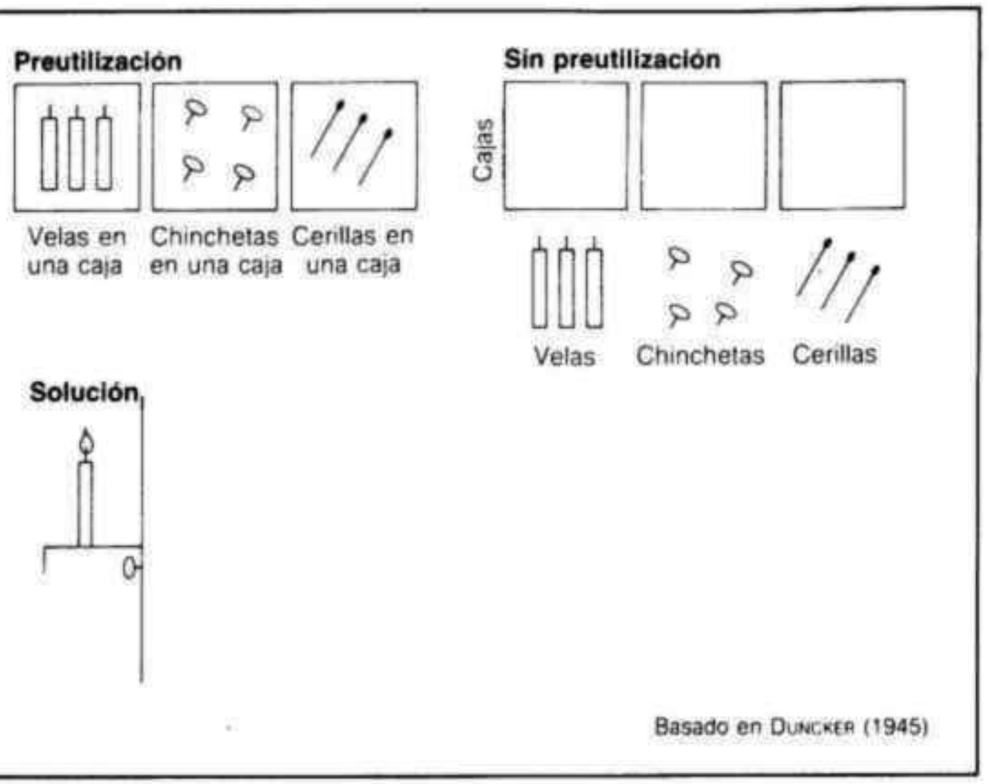
«Este ejercicio debe tratarse como un ejercicio en suma simple. Todo lo que se sabe es: 1) que D = 5; 2) que cada número del 0 al 9 tiene una letra correspondiente; 3) que a cada letra debe asignársele un número diferente al dado a otra letra. La operación necesaria es encontrar un número para cada letra, estableciendo los pasos de los procesos y su orden.»

De BARTLETT (1958, pág. 51)

su problema del tumor con una flecha (que representaba el rayo) que atravesaba una mancha negra (que representaba el tumor) rodeada por un círculo (que representaba el tejido sano). Cuando mostraba el diagrama junto con el problema la tasa de solución era del 9 % en lugar del 37 % de cuando no se mostraba el diagrama. Este descubrimiento hizo pensar a Duncker que el diagrama ayudaba a fijar la función del rayo como una línea única que atravesaba el cuerpo y así se bloqueaba la capacidad del sujeto de pensar en diversos rayos que convergen sobre el tumor. Duncker llamó a este fenómeno *fijeza funcional* porque la experiencia pasada de ver el diagrama limitaba el número de funciones diferentes que el sujeto podía imaginar en la utilización del rayo.

Duncker definió, pues, la fijeza funcional como un bloqueo mental contra la utilización de un objeto en la nueva forma requerida para solucionar un problema. Para investigar este fenómeno más cuidadosamente diseñó una serie de problemas que consideró implicaban fijeza funcional y los presentó a los sujetos en su laboratorio. Por ejemplo, en el problema de la caja (véase cuadro 3-15), el sujeto recibía tres cajas de cartón, cerillas, chinchetas y velas. El objetivo era montar una vela verticalmente cercana a una pantalla para que sirviera de lámpara. Algunos sujetos recibían una caja con cerillas, otros una caja con velas y otros una caja con chinchetas —preutilización de las cajas— mientras que otros recibían el mismo material pero las cerillas, las chinchetas y las velas estaban fuera de las cajas, sin preutilización. La solución —montar una vela encima de la caja derritiendo la cera sobre ella y pegándola y luego fijando la caja a la pantalla con las chinchetas— resultó mucho más difícil de descubrir a quienes habían recibido las cajas llenas. La explicación de Duncker, como las de Luchins y Bartlett, fue que el haber colocado objetos dentro de las cajas promovía la fijación de su función como contenedor, con el resultado de que era más difícil para el sujeto reformular la función de la caja y pensar en ella como un soporte.

Cuadro 3-15 Materiales para el problema de la caja de Duncker



Basado en Duncker (1945)

En el problema de los clips para papel, el sujeto recibía un cuadrado grande, cuatro cuadrados pequeños, varios clips para papel y un ojalillo atornillado a una varilla fijada por encima de sus cabezas. La tarea consistía en unir los cuadrados pequeños al grande y colgarlos del ojalillo. El grupo de preutilización primero tuvo que utilizar algunos de los clips para sujetar los cuadrados pequeños al grande, pero los del grupo sin preutilización ya recibían los pequeños cuadrados fijados al grande. La solución, que era doblar uno de los clips para formar un gancho con el cual colgar el cuadrado grande, resultó mucho más difícil de descubrir para el grupo de preutilización. Una vez más Duncker sugirió que el hecho de haber utilizado el clip como sujetador hacía que a esos sujetos les resultara más difícil imaginarlo en una función diferente, a saber, como un gancho. En general, en una media docena de tareas de este tipo, los resultados típicos fueron que el grupo de preutilización podía resolver un 58 por ciento y el grupo sin preutilización un 97 por ciento.

Aunque estos resultados coinciden con los de Luchins son sospechosos porque en el estudio original de Duncker sólo participaron 14 sujetos, la experiencia fue pobremente especificada y no se realizó un análisis estadístico. Para superar algunos de estos problemas, Adamson (1952) repitió varios experimentos de Duncker, incluyendo los problemas de la caja y del clip para papel. Cincuenta y siete sujetos fueron divididos en dos grupos —con preutilización y sin preutilización— y cada sujeto recibió tres problemas diferentes con un máximo de 20 minutos para resolver cada uno de ellos. Los resultados fueron similares a los del estudio original de Duncker. Por ejemplo, en el problema de la caja el 86 % de los sujetos resolvieron el problema cuando las cajas eran presentadas vacías, pero sólo el 41 % resolvían el problema cuando las cajas estaban llenas. Todos los sujetos resolvieron el problema del clip para papel, pero los que pertenecían al grupo con preutilización (el grupo que primero había tenido que utilizar los clips para unir los cuadrados) tardaron el doble de tiempo.

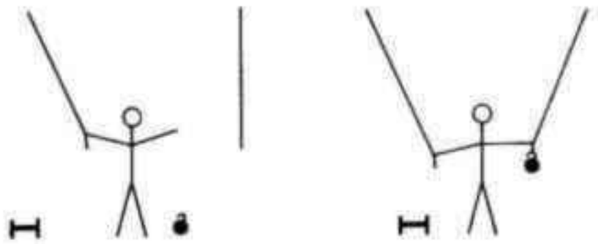
La duplicación experimental de Adamson pareció confirmar la idea original de Duncker de que los sujetos que utilizan un objeto para una función particular tienen más dificultades en una situación de resolución de un problema que requiera una función nueva y distinta para ese objeto. Existe un inconveniente con los experimentos de Duncker y Adamson puesto que la misma situación se utilizó tanto para la preutilización como para la nueva tarea, era difícil ubicar la fuente del problema que tuvieron los sujetos del grupo con preutilización; además, no hubo ningún control de la experiencia que los sujetos habían tenido con el objeto antes del experimento. Birch y Rabinowitz (1951) llevaron a cabo un experimento que intentaba superar esas dos críticas con un problema diferente de los que utilizara Duncker. En el cuadro 3-16 se muestra el experimento de las dos cuerdas, adaptado de un experimento de Maier (1930, 1931). En este experimento se presenta al sujeto una habitación con dos cuerdas colgando del techo fuera del alcance una de la otra y dos objetos pesados, una llave eléctrica y un relé colocados cerca de allí. El objetivo era atar las cuerdas entre sí. Algunos sujetos, los del grupo S, tuvieron que realizar un pretest y completar un circuito eléctrico en un tablero utilizando una llave; otros sujetos, del grupo R, recibían la misma tarea previa, pero se les daba un relé para completar el circuito, y otros, el grupo testigo C, no realizaba ninguna tarea previa. La solución requería que el sujeto atara una de las cuerdas a un objeto pesado y la hiciera oscilar como un péndulo y, mientras sujetaba la otra cuerda, cogiera el péndulo en el momento en que se le acercaba. Si los sujetos no habían resuelto el problema en nueve minutos el experimentador les daba una ayuda caminando cerca de una de las cuerdas y haciéndola oscilar como por azar. Los resultados aparecen en el cuadro 3-16. Todos los sujetos resolvieron el problema, pero los sujetos del grupo R tendían a usar la llave como objeto pesado y los del grupo S tendían a usar el relé. Cuando se les preguntaba por qué habían utilizado un objeto pesado en lugar de otro, los sujetos de ambos grupos respondían: «Cualquiera se da cuenta de que éste es mejor».

Estos resultados parecen encajar bien con los de Duncker y con la idea de la fijeza funcional. La experiencia previa con el relé hacía más difícil pensar

Cuadro 3-16 Fijeza funcional en el problema de las dos cuerdas

El problema

Dadas dos cuerdas que cuelgan desde el techo y dos objetos pesados en la habitación, atar las cuerdas una con otra.



Frecuencia de elección de objetos para la solución del problema

Grupo	*N*	Número de los que usan el relé	Número de los que usan la llave
Preutilización con relé	10	0	10
Preutilización con llave	9	7	2
Sin preutilización	6	3	3

Basado en datos de Birch y Rabinowitz (1951)

en él como en un peso, pues la experiencia previa había fijado la función del objeto. Por supuesto que los psicólogos de la Gestalt no afirmarían que toda experiencia previa va en detrimento de la resolución de problemas. Una experiencia general amplia, no específica y cierto aprendizaje pasado básico «representa un repertorio esencial de comportamientos que deben estar disponibles para ser reestructurados cuando la nueva situación lo requiera»; sin embargo, «el pensamiento productivo es imposible si el individuo está encadenado al pasado», y en los casos en que un sujeto se basa en hábitos muy específicos y limitados «la experiencia pasada se convierte en un obstáculo» (Birch y Rabinowitz, 1951, pág. 121).

Existen preguntas adicionales acerca de cómo perduran los efectos de fijeza funcional y si la fijeza funcional respecto a cierto objeto tiende a afectar a objetos similares. Adamson y Taylor (1954) investigaron estos problemas con una variante del problema de las dos cuerdas descrito anteriormente. Antes de que los sujetos se abocaran a este problema, se les hacía trabajar en un tablero de circuito eléctrico con un par de pinzas. Después, cuando intentaban resolver el problema de las dos cuerdas, Adamson y Taylor descubrieron que tenían mucha menos tendencia que los sujetos del grupo de control a utilizar esas mismas pinzas como objetos pesados para hacer el péndulo; además, tenían mucha más dificultad que los sujetos del grupo de control para utilizar otro par de pinzas o incluso un par de tijeras como pesos, aunque sin embargo preferían las tijeras antes que usar las pinzas originales. Aparentemente el efecto de fijeza funcional se extiende a los objetos que son semejantes al objeto fijado. Sin embargo el efecto parece desvanecerse con el tiempo, como lo demostraron Adamson y Taylor (1954), que hicieron resolver el problema de las dos cuerdas en diferentes intervalos a partir de la experiencia inicial de los sujetos con el circuito y las pinzas. Hicieron una prueba con los sujetos inmediatamente después del primer experimento, una hora después, un día después y una semana después. Cuanto mayor era el tiempo transcurrido entre el uso de las pinzas en el circuito y la introducción del problema de las dos cuerdas, mayor era el número de los sujetos que utilizaba las pinzas como peso.

Una serie más reciente de experimentos (Glucksberg y Danks, 1968; Glucksberg y Weisberg, 1966; Weisberg y Suls, 1973) aportaron información respecto del etiquetado de los elementos para la solución del problema. En el problema de la caja, por ejemplo, los sujetos tenían mayor tendencia a generalizar la respuesta de utilizar la caja como una plataforma, si las instrucciones nombraban explícitamente la caja como parte de los materiales dados. Aparentemente cuando sólo las chinchetas, las cerillas y las velas se nombraban en las instrucciones, las cajas que las contenían no se consideraban como elementos independientes.

En otro estudio se daba a los sujetos elementos para completar un circuito eléctrico (como una llave, una bombilla, una batería y una llave inglesa) y se les pedía que hicieran un circuito completo. En contraste con el experimento de la caja, cuando la llave inglesa era nombrada explícitamente en las instrucciones, los sujetos tenían menor tendencia a utilizarla para conducir electricidad y completar el circuito. ¿Por qué el etiquetar un objeto ayuda a resolver el problema como el problema de la caja, pero obstaculiza la solución en el problema del circuito? Aparentemente, pensar en un objeto como una caja es compatible con su utilización como plataforma, mientras que pensar en un objeto como llave inglesa no es compatible con su utilización como conductor eléctrico. De modo que los rótulos que pueden ser asociados con el uso deseado de un objeto en un problema sirven para romper la fijeza funcional, pero nombrar objetos que no están asociados con el uso deseado probablemente producirá fijeza funcional.

Efectos positivos de la experiencia pasada

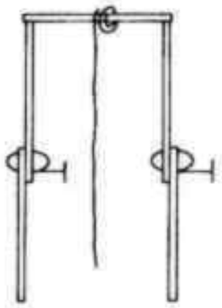
El trabajo de Luchins, Duncker y otros es citado con frecuencia como evidencia de que la reaplicación de hábitos pasados muy específicos y rígidos puede obstaculizar la resolución productiva de los problemas. Existe por supues-

Cuadro 3-17 Materiales para los problemas de la cuerda y el perchero de Maier

Problema de la cuerda

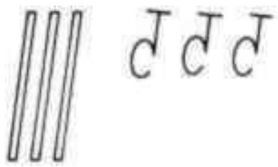
Dados varios palos de madera, abrazaderas y cuerda, colgar la cuerda del techo hasta el suelo sin dañar el cielo raso.

La solución es atar la cuerda alrededor de un palo y luego sostener el palo paralelo al techo por medio de palos unidos con las abrazaderas.



Problema del perchero

Dados palos y abrazaderas, hacer un perchero.



La solución es unir dos palos juntos desde el techo al suelo y usar una abrazadera como gancho para colgar un sombrero.

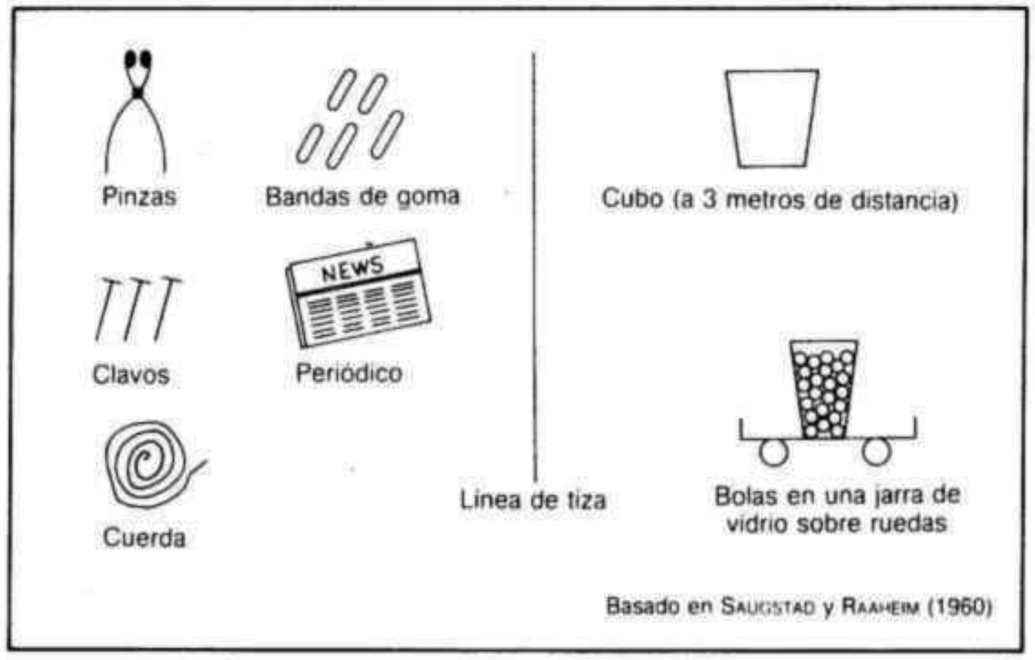
Basado en MAIER (1945)

to evidencia complementaria de que en algunos casos específicos la experiencia pasada puede ayudar a resolver los problemas. Por ejemplo, MAIER (1945) solicitó a sujetos que resolvieran el problema de la cuerda como se muestra en el cuadro 3-17: dados varios palos de madera, abrazaderas y una cuerda los sujetos tenían que colgar la cuerda del techo sin dañar el cielo raso. La solución consistía en atar la cuerda alrededor de un palo y colocar éste paralelo al cielo raso sujetando los dos extremos con dos estacas largas construidas por la unión de dos palos de madera. Otro problema solicita a los sujetos que construyan una percha para sombreros a partir de objetos similares a los dados en el experimento anterior. La solución al problema de la percha consistía en juntar dos varillas para formar una larga que llegara del techo hasta el suelo y utilizar el mango de la abrazadera para colgar el sombrero. De los sujetos que no tenían experiencia previa en el problema de la cuerda sólo el 24 por ciento resolvieron el problema de la percha; de los sujetos que habían resuelto el problema de la cuerda, que había sido retirado de su vista, 48 por ciento resolvieron el problema; y de los sujetos que habían resuelto el problema de la cuerda y que podían aún ver la solución, 72 por ciento resolvieron el problema nuevo.

Los resultados de Maier parecen entrar directamente en contradicción con los de Duncker y otros, que descubrieron que la experiencia pasada limita la efectividad en la resolución de problemas futuros. En lugar de la transferencia negativa, Maier encontró una fuerte evidencia de *transferencia positiva*, en el hecho de que la experiencia previa con la estructura de la cuerda ayudó a los sujetos a una situación nueva de solución de problemas. Para reconciliar el experimento de Maier con los de la sección anterior, son importantes tres hechos: 1) el cambio de la función uno a la función dos en el experimento de Maier es muy pequeño, puesto que la percha es parte de la estructura para sostener la cuerda, pero las dos funciones de la caja como contenedor y la caja como soporte son muy diferentes en los experimentos de Duncker; 2) el cambio del uso normal a la función uno es mayor en el experimento de Maier en el sentido de que usar un palo sostenido por otros para colgar una cuerda es poco común, pero menor en los experimentos de Duncker, ya que las cajas con frecuencia se usan como contenedores; 3) la primera función facilita la segunda función en el experimento de Maier pero en el experimento de Duncker las funciones son mutuamente excluyentes. Aparentemente, los hábitos y las experiencias específicos son útiles en situaciones que requieren esas ideas específicas aplicadas en una forma muy parecida, pero son un obstáculo en las situaciones que exigen la utilización de los objetos de una forma nueva.

Una interpretación del valor de la experiencia pasada es que en algunos casos puede poner a disposición del sujeto las funciones de los objetos, especialmente si la experiencia pasada con una determinada función de un objeto y la situación necesaria en una nueva situación son similares. SAUGSTAD y RAAHEIM (1960; RAAHEIM, 1965) presentaron a los sujetos el problema siguiente:

Cuadro 3-18 Materiales en el problema de la transferencia de Saugstad y Raaheim



Basado en SAUGSTAD y RAAHEIM (1960)

dados periódicos, cuerda, pinzas, bandas de goma y un clavo, imaginar una forma de hacer pasar unas cuantas bolas de acero de una jarra de vidrio colocada sobre una plataforma con ruedas a un cubo colocado a 3 metros del sujeto sin cruzar una raya de tiza (veáse cuadro 3-18). La solución, créase o no, consiste en curvar el clavo con las pinzas para fabricar un gancho, atar el gancho a la cuerda, arrojarla y pescar la jarra móvil con las bolas de acero y atraerla hacia uno, enrollar los periódicos como tubos que se mantienen así sujetos con las bandas de goma y arrojar las bolas al cubo a través de los tubos.

Suponga el lector que antes de comenzar el experimento, se entrega a los sujetos un clavo doblado y se les dice: «Este objeto puede ser utilizado para pescar cosas. ¿Podrían ustedes dar algún ejemplo?» y suponga también que enrolla los periódicos formando tubos y dice: «Este objeto puede usarse para llevar algo dentro de sí mismo. ¿Podrían darme algunos ejemplos?». SAUGSTAD y RAAHEIM (1960, pág. 97) llamaron a esto «poner a disposición las funciones de los objetos»; Duncker probablemente lo hubiera llamado dar la solución del problema. Después de pasar 30 minutos con este problema, el 95 por ciento de los sujetos lo resolvían si les habían relatado la experiencia anteriormente, pero sólo el 22 por ciento resolvió el problema sin estar familiarizados con las dos nuevas funciones del clavo y el periódico.

En un experimento semejante y más sutil, los sujetos recibían el clavo y el periódico antes del experimento y se les pedía que pensaran en todos los

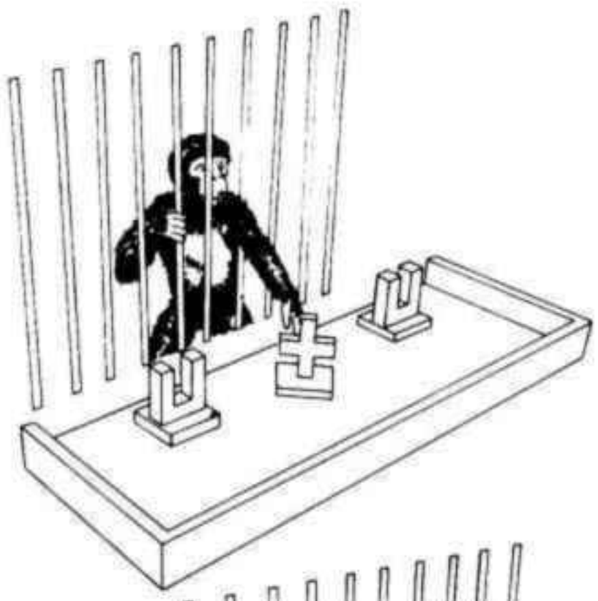
usos posibles de los mismos. Se les daba la tarea de transportar las bolas de acero. De los sujetos que mencionaron tanto el gancho como posible función del clavo y el tubo como posible función del periódico en la prueba previa, 89 por ciento resolvieron el problema; de los sujetos que mencionaron o bien el gancho o bien el tubo durante la prueba preliminar pero no ambos, 42 por ciento resolvieron el problema; y de los sujetos que no pensaron en ninguna de las dos funciones durante la prueba preliminar, 19 por ciento resolvió el problema. Una vez más, Saugstad y Raaheim afirmaron que el éxito en la solución de los problemas depende algunas veces de que las funciones apropiadas estén disponibles para los sujetos en el momento adecuado.

«Poner las funciones a disposición» puede ser el resultado de la experiencia general con los objetos que dan la solución. Por ejemplo, BIRCH (1945) investigó el rol del *insight* en los monos casi 20 años después de Kohler: colocó comida lejos de su alcance fuera de la jaula y les dio una azada para arrastrarla. Sólo dos de los cuatro chimpancés pudieron resolver esta tarea, de modo que Birch les permitió jugar con palos cortos en los días siguientes. Los chimpancés intentaron muchos usos de los palos mientras jugaban con ellos, incluyendo usarlos como palanca, como pala o para hacer ruido. Después de algunos días de juego, se presentó a los monos nuevamente el problema de la azada y esta vez lo resolvieron con mucha facilidad. Aparentemente, el *insight* está favorecido por las experiencias pasadas y se construye sobre las mismas.

Tomadas en conjunto, la obra de Maier, la de Saugstad y Raaheim y la de Birch parecen complementar la idea de la fijeza funcional descrita por Duncker: en situaciones en que se requieren funciones similares, la experiencia pasada es una ayuda. Obsérvese, sin embargo, que el tipo de solución de problemas que discuten Maier y Saugstad y Raaheim está muy cerca de la definición de pensamiento productivo. Lo que estos resultados indican es que los problemas que parecen necesitar soluciones productivas —reorganización de los elementos del problema— se resuelven más fácilmente si la mente está adecuadamente preparada por experiencias generales pasadas. Por otra parte, si estas experiencias pasadas tienden específicamente a fijar la función de los objetos en una sola forma, la solución creativa del problema puede resultar perjudicada.

Una forma de resolver este problema, y algo que casi todos los buenos maestros quieren alcanzar, es proveer a los alumnos de ciertos hechos básicos, específicos, acoplados con técnicas más generales de resolución de problemas. Aunque Luchins demostró con éxito que la experiencia pasada en la resolución de problemas puede limitar la capacidad de resolver problemas, también existe evidencia de que esta práctica puede resultar en una capacidad más general para enfrentarse a todo tipo de problemas. Por ejemplo, HARLOW (1949) trabajando con monos, les presentó problemas (cuadro 3-19) en los cuales recibían dos (o tres) objetos en una bandeja y tenían que escoger uno. Si escogían el objeto «correcto» les daban un plátano (cuando se les mostraban tres

Cuadro 3-19 Materiales utilizados en una investigación de los conjuntos de aprendizaje



De HARLOW y HARLOW (1949), *Learning to think.*
Copyright ©1949 Scientific American, Inc. Todos los derechos reservados.

objetos, el objeto correcto era el objeto impar). Se les presentó a los monos el mismo problema una y otra vez y en cada ensayo los objetos se ordenaban al azar. Luego se les presentó un nuevo problema con variantes para cientos de repeticiones (los monos son más pacientes que los humanos). Harlow descubrió que los monos trabajaban mejor con los nuevos problemas a medida que el experimento progresaba; si bien les llevó muchos ensayos responder coherentemente con los primeros problemas, nunca cometieron un error después del segundo ensayo en los problemas presentados al final del experimento. Los aspectos específicos de los problemas del final del experimento eran diferentes o incluso opuestos a los del comienzo, pero los monos aparentemente habían seleccionado una estrategia *general* para responder. Parecían seguir una regla que se podría expresar como: «Si obtengo comida por escoger tal objeto seguiré escogiéndolo, y si no, escojo el otro». Harlow denominó a este uso de la experiencia pasada general «conjunto de aprendizaje» o «aprendiendo a pensar». Su trabajo muestra que la experiencia general así como la específica puede ser una ayuda para resolver un problema si la situación problemática se asemeja a problemas anteriores.

Dirección

Los experimentos llevados a cabo por Maier, Saugstad y Raaheim y por Harlow indican que una parte de la solución de un problema consiste en descubrir de qué modo se relaciona con la experiencia pasada. Polya citó el «descubrir un problema relacionado» como un factor fundamental para diseñar un plan para la solución y Birch y Rabinowitz hablaban de utilizar «un repertorio esencial» de comportamientos y experiencias pasadas para resolver los problemas de Duncker. ¿Cómo encuentra el que tiene que resolver un problema la relación entre las experiencias pasadas y la reformulación necesaria del problema? Según MAIER (1930; 1931; 1933), el salto hacia la solución requiere *dirección*.

Puesto que la experiencia pasada por sí sola no es suficiente para lograr una solución original, un sujeto necesita algún principio organizativo, alguna nueva vía para enfrentarse a la situación problemática, en resumen, una dirección. Maier aportó un ejemplo de la importancia crucial de la dirección en su problema de las dos cuerdas. En un experimento, esperó algún tiempo mientras el sujeto intentaba resolver el problema y luego dio la primera sugerencia: caminó hacia la cuerda y al pasar la puso en movimiento. Esperó un poco más y si aún no se había logrado la solución, hizo una segunda sugerencia: alcanzó al sujeto un par de pinzas y le dijo: «Esto es todo lo que necesitas».

Esperó otra vez y si no surgía la solución, repetía la sugerencia número uno. De 61 estudiantes de educación superior el 39 por ciento resolvió el problema sin ayuda de ninguna sugerencia y el 38 por ciento con sugerencias. Los pertenecientes al grupo que habían necesitado las sugerencias, generalmente resolvían el problema inmediatamente después de recibirlas: un promedio de 42 segundos a partir de la última sugerencia. La solución aparecía súbitamente y de forma completa y muchos sujetos no eran conscientes de la primera suge-

rencia. A partir de este experimento Maier concluyó que esta dirección es necesaria para resolver problemas, que los individuos necesitan alguna clave, que puede generarse de manera interna o externa, acerca de cómo reformular el problema. Poner la cuerda en movimiento ayudaba a los sujetos a reformular la función de la cuerda como columpio o péndulo. Aparentemente, la dirección puede ser muy sutil, y en algunos casos el que resuelve el problema no se da cuenta de que se ha producido: «Cuando una idea aparece de repente, aquello que la ha producido puede quedar fuera de la conciencia» (MAIER, 1933, pág. 192).

En una utilización más sutil de la dirección, COFER (1951) usó la misma situación de las dos cuerdas pero hizo que sus sujetos memorizaran listas de palabras antes de recibir el problema. Los sujetos que habían memorizado listas con palabras como cuerda, columpio, y péndulo producían más soluciones que los sujetos que habían memorizado palabras neutrales.

En otra variante del mismo problema, BATTERSBY, TEUBER y BENDER (1953) aportaban dirección restringiendo el número de objetos potenciales de solución entre tres grupos de objetos. El grupo restringido sólo podía usar objetos que el experimentador ponía sobre la mesa; se colocaban sobre la mesa objetos cada dos minutos para un total de cinco objetos, cada uno de los cuales podía servir como peso para el péndulo. El grupo menos restringido podía utilizar cualquier objeto que hubiera en la habitación, incluyendo los cinco objetos que el experimentador colocaba sobre la mesa en la misma proporción de tiempo. Por último, el grupo no restringido podía usar cualquier objeto que hubiera en la habitación más los cinco objetos que ya estaban colocados sobre la mesa sin ninguna atención especial sobre ellos. Los tiempos medios de solución fueron más breves para el grupo restringido (2,4 min.) que para el menos restringido (7,5 min.) o para el grupo no restringido (15,2 min.).

Evaluación

Los guestaltistas intentaron comprender algunos procesos mentales altamente complejos, lo que ellos llamaron «pensamiento productivo». Enriquecieron el estudio del pensamiento introduciendo varias ideas interesantes: la distinción entre pensamiento productivo y reproductivo, la idea de que el pensamiento se produce por etapas y la demostración de la rigidez del conjunto para la solución de problemas. Su principal herramienta para la comprensión de estos procesos fue la idea de que la solución de problemas implica la reorganización o la reestructuración del problema. Muchos críticos señalan, sin embargo, que la teoría es demasiado vaga para ser comprobada directamente en la experimentación. Recientemente, psicólogos cognitivos lograron un éxito parcial en la clarificación de algunas ideas de los psicólogos de la Gestalt y su trabajo será considerado en la tercera parte sobre el proceso de la información.

Lecturas recomendadas

JOHNSON, D. M.: *A systematic introduction to the psychology of thinking.* Nueva York, Harper & Row, 1972; los capítulos 4, 5 y 7 pasan revista al enfoque de la Gestalt.

KATONA, G.: *Organizing and memorizing.* Nueva York, Columbia University Press, 1940. Esta monografía describe los experimentos de Katona sobre el aprendizaje para resolver los problemas de las cerillas y las cartas.

KOHLER, W.: *The mentality of apes.* Nueva York, Harcourt, 1925. Un estudio clásico sobre la resolución de problemas y el *insight* en los monos.

LUCHINS, A. S. y LUCHINS, E. H.: *Rigidity of behavior: A variational approach to Einstellung,* Eugene, Oreg., University of Oregon Press, 1959. Considera la rigidez en la resolución de problemas.

POLYA, G.: *How to solve it.* Garden City, Nueva York, Doubleday, 1957. Un matemático explica «cómo» resolver los problemas.

WASON, P. C. y JOHNSON-LAIRD, P. N.: *Thinking and reasoning.* Baltimore, Penguin, 1968. Los artículos de Duncker, Maier, Luchins y Luchins y Adamson aportan una excelente recopilación de la investigación básica de la Gestalt y de la teoría sobre la resolución de problemas.

WERTHEIMER, M.: *Productive thinking.* Nueva York, Harper & Row, 1959. Un enfoque guestáltico de la resolución de problemas y cómo enseñarlo.

4 El significado: El pensamiento como representación de problemas

Definición del pensamiento según la teoría del significado
Dos clases de estructura cognitiva
Concretización
Actividad
Imágenes
Representación del problema

Suponga el lector que estuviera resolviendo «problemas de imparidad» en los que tuviera que señalar la palabra que no corresponde. Intente este problema:

RASCACIELOS CATEDRAL TEMPLO ORACION

Si el lector señala ORACION su respuesta es consistente con los resultados que por lo general se han obtenido en los experimentos con este tipo de problemas (Judson y Cofer, 1956). Ahora intente el siguiente problema:

CATEDRAL ORACION TEMPLO RASCACIELO

Si el lector señala RASCACIELO su respuesta también es consistente con los resultados de Judson y Cofer (1956).

En realidad estos investigadores descubrieron que en muchos problemas ambiguos de imparidad como éstos, el orden de presentación de las palabras era muy importante. El primer problema, por ejemplo, evocaba el concepto de edificio mientras que el segundo evocaba la idea de religión. Una explicación de este desplazamiento es que la resolución de un problema requiere la asimilación del problema a la experiencia pasada del sujeto;

es decir, el sujeto debe descubrir qué parte de su experiencia pasada lo ayudará en la interpretación del problema.

* * *

Este capítulo se centrará en el tema de cómo interpretamos y relacionamos una situación problemática a un aspecto particular de nuestra experiencia pasada individual.

Definición del pensamiento de la teoría del significado

El lector recordará que en el capítulo 3 dijimos que los psicólogos de la Gestalt consideraban el pensamiento como la reestructuración o relación de los elementos del problema en una forma nueva. Según Duncker, este proceso implica con frecuencia lo que él llamó encontrar la *función* de los elementos para la solución del problema y lo que Maier dio en llamar la importancia de la *dirección* en la reestructuración del problema. Muchas de estas ideas de la Gestalt están muy vinculadas con una concepción del pensamiento ligeramente diferente, a la que llamamos *teoría del significado*. La concepción del pensamiento de la Gestalt implica descubrir cómo se relacionan entre sí los elementos del problema, es decir, las relaciones internas entre los elementos. La concepción del pensamiento de la teoría del significado implica descubrir de qué forma el problema actual se relaciona con los conceptos e ideas que ya existen en la memoria de quien ha de resolver el problema, es decir, las relaciones externas entre los elementos y los esquemas lógicos. El problema debe ser asimilado a la propia experiencia del que piensa y ser traducido a términos familiares. De acuerdo con este punto de vista el pensamiento es fundamentalmente un proceso de descubrir un esquema o conjunto de experiencias pasadas con el que ha de relacionarse el nuevo problema y luego interpretar y reestructurar la situación nueva de acuerdo con el esquema particular que se haya seleccionado. Cuando una situación problema es asimilada a esquemas lógicos que no son útiles, el resultado es lo que los psicólogos de la Gestalt llamaron «fijeza funcional».

Obviamente la teoría del significado añade un nuevo elemento a la interpretación de la Gestalt: la idea, si bien vaga, de los esquemas lógicos y la asimilación. Bartlett (1932, pág. 201) popularizó el concepto de esquema lógico e intentó definirlo como sigue: «Un esquema se refiere a una organización activa de reacciones pasadas que siempre debe ser supuesto como operativo en cualquier respuesta orgánica bien adaptada». Expresó la idea de asimilación como la búsqueda del «encuadre» o «esquema» apropiado en la experiencia pasada: «Cuando estos "encuadres" se descubren, entonces surgen los hechos de "significado"... todos los procesos cognitivos, desde percibir a pensar son

vías en las cuales busca expresarse algún "esfuerzo fundamental en pos del significado". Hablando en términos muy generales, este esfuerzo es simplemente el intento de conectar algo dado con algo distinto» (pág. 227).

Dos clases de estructura cognitiva

Recientemente el concepto de asimilación al esquema lógico ha sido expresado como «asimilación a la estructura cognitiva» (Ausubel, 1968). Aunque existen varias formas de definir *esquema* y *estructura cognitiva*, la carencia de definiciones operacionales precisas para cualquiera de ellos sugiere que en este momento no es útil detallar diferencias. Sin embargo, una contribución importante de la teoría del significado es una distinción entre dos tipos de estructura cognitiva, dos tipos de conocimiento en la memoria de un sujeto que ha de resolver un problema:

> *Conocimiento con significado* (Ausubel, 1968) o *proposicional* (Greeno, 1973), que está formado por conceptos provenientes de la experiencia pasada tales como «Los collies son perros».
>
> *Conocimiento mecánico* (Ausubel, 1968) o *algoritmia* (Greeno, 1973), que está constituido por fórmulas mecánicas o reglas para operar sobre conceptos, tales como $a + b - 2c$.

En la solución de un problema la información puede ser asimilada a diferentes tipos de esquemas lógicos y de allí resultan diferentes tipos de logros en la resolución de los problemas. Por ejemplo, Bransford y Johnson (1972) descubrieron que dar a los sujetos el título de una historia *antes* de leérsela aumentaba los logros en un test de comprensión, pero dar el título *después* prácticamente no producía ningún efecto. Saber el título por adelantado aparentemente decía a los sujetos cómo asimilar el material y por tanto les permitía una codificación que resultaba útil para la posterior solución del problema.

En un estudio sobre la solución de problemas binomiales de probabilidad Mayer y Greeno (1972) variaron las secuencias de la instrucción de la siguiente forma: grupo 1, el grupo de conceptos, comenzaba aprendiendo acerca de conceptos generales como «ensayo», «éxito» y «probabilidades de éxito» en función de su experiencia pasada en manejar promedios o la probabilidad de lluvia y aprendieron gradualmente a reunir los conceptos en una fórmula, mientras que el grupo 2, el grupo fórmula, comenzó con la fórmula y aprendió gradualmente cómo actuaban en el cálculo los conceptos que lo compo-

nían. Si bien ambos grupos recibieron la misma información general —aunque en un orden y acentuación diferentes— y los mismos ejemplos, mostraron modelos absolutamente diferentes de realización en el test subsiguiente de solución de problemas. El grupo de la fórmula tuvo una mejor actuación resolviendo problemas que eran muy parecidos a los del folleto de instrucciones (transferencia cercana), pero muy pobre en las preguntas acerca de la fórmula y en problemas que hubieran reconocido como imposibles de resolver (transferencia lejana); el grupo de conceptos mostró el modelo inverso. Estos resultados se tomaron como evidencia de que los dos métodos de instrucción producían «resultados de aprendizaje estructuralmente diferentes». Uno, el grupo fórmula, actuaba bien en la transferencia cercana; el otro grupo, el de los conceptos, actuaba mejor en la transferencia lejana. MAYER y GREENO (1972, pág. 166) consideraron estos descubrimientos a la luz de la idea de que ambos grupos habían asimilado los conceptos para la solución del problema a diferentes esquemas lógicos: «Un aprendizaje nuevo implica el desarrollo de una estructura cognitiva que resulta de relacionar las nuevas ideas y acomodar las estructuras existentes. Según esta concepción del aprendizaje los diferentes procedimientos instructivos pueden activar diferentes aspectos de una estructura cognitiva existente. Y puesto que el resultado del aprendizaje está determinado conjuntamente por el material nuevo y la estructura a la cual se asimila, el uso de diferentes procedimientos puede conducir al desarrollo de estructuras marcadamente diferentes durante el aprendizaje de algún concepto». Aparentemente el grupo fórmula asimiló la nueva información a un espectro más estrecho de experiencias pasadas en computación y fórmulas (algorítmico) mientras que el grupo de conceptos conectó la nueva información a una experiencia más general con situaciones de probabilidad.

En un estudio relacionado, MAYER (1975) enseña un lenguaje simple de programación de computadoras a sujetos que utilizaban un texto estándar de 10 páginas. Algunos de los sujetos fueron introducidos a un modelo concreto de computadora expresado en términos familiares antes del aprendizaje y se les permitió utilizar este modelo mientras aprendían; otros sujetos fueron introducidos a este modelo después de recibir la instrucción. En el modelo concreto, la memoria era un anotador, el programa una lista de compras con una flecha, el *input* una ventanilla de tickets, y el *output* una libreta para mensajes telefónicos. En un test posterior de transferencia el grupo que conoció el modelo después fue mejor en la escritura de programas simples como los que enseñaba el folleto, pero el grupo que vio el modelo antes realizó mejores tareas que no habían sido enseñadas específicamente, como interpretar un programa o escribir un encadenamiento completo de programas. Aparentemente, el modelo sirvió como estructura cognitiva útil que permitió a los sujetos relacionar la nueva información al conocimiento que ya tenían en la memoria; este aprendizaje más amplio tuvo como resultado una mejor realización en la transferencia.

Concretización

Como lo sugieren los estudios anteriores, otra contribución de la teoría del significado es la idea de que representando el problema de una manera concreta puede obtenerse un método de solución diferente al hallado cuando el problema se expresa en palabras abstractas. Por ejemplo, el cuadro 3-6 muestra el método utilizado por Dienes para hacer concreta la fórmula cuadrática. La supuesta ventaja de concretizar un problema abstracto difícil es que permite a quien ha de resolver el problema representárselo rápidamente en términos que le resulten familiares.

BROWNELL y MOSER (1949) investigaron los efectos que se producían al darle «significado» a los problemas aritméticos de niños de tercer grado. Se enseñó a un grupo de varios cientos de niños un procedimiento para la resta con objetos concretos como paquetes de palillos y enseñándoles las reglas de la resta quitando y agrupando los palillos por decenas. A otro grupo se le enseñó «de una manera puramente mecánica» dándoles las reglas verbalmente al comienzo del aprendizaje sin ninguna otra explicación. Aunque ambos grupos aprendieron a restar igualmente bien, los niños que habían aprendido con los paquetes de palillos tenían mucho mejor rendimiento en tests posteriores con diferentes problemas (cuadro 4-1).

Utilizando los resultados obtenidos en una investigación similar anterior, BROWNELL (1935) desarrolló lo que él denominó la «teoría del significado» del aprendizaje en aritmética basada en la idea de que los estudiantes deben entender cómo las reglas para la solución del problema se relacionan con sus experiencias pasadas y no memorizar simplemente respuestas para cómputos rápidos. «Si se quiere tener éxito en el pensamiento cuantitativo se necesita un fondo de significados y no una miríada de respuestas automáticas» (pág. 10). «La ejercitación es de utilidad cuando las ideas y los procesos ya comprendidos deben ser practicados para aumentar la eficiencia» (pág. 19). La concepción de Brownell sobre la solución de problemas estaba basada en «el pleno reconocimiento del valor de las experiencias de los niños» y su objetivo era que «la aritmética no fuera un desafío a la memoria del alumno sino más bien a su inteligencia» (pág. 31). Desafortunadamente, todavía no se ha alcanzado la comprensión de qué es resolver un problema «con significado» y cómo producirlo y la mayoría de los maestros de matemáticas probablemente deben apoyarse en un conjunto de intuiciones acerca del pensamiento cuantitativo que incluyen tanto en la importancia del significado —cualquiera sea su definición— como en el cómputo.

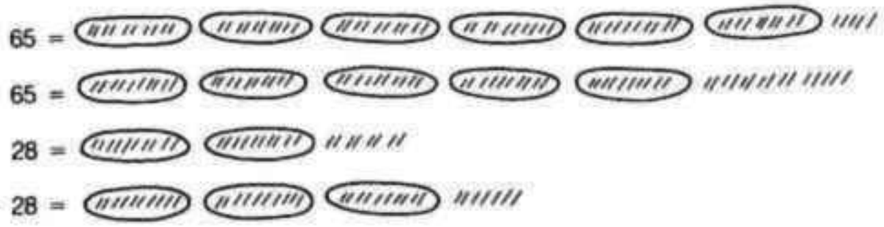
Otro intento de facilitar una mejor resolución de los problemas por medio de la concretización fue elaborado por LUCHINS y LUCHINS (1950). Concretizaron los problemas de la jarra de agua considerados en el capítulo 3 entregando a sus sujetos tazas y agua. Cuando se presentaron estos problemas a los alumnos de sexto grado, todos excepto dos calcularon la solución con

Cuadro 4-1 Cómo dar significado a la aritmética

Método estándar (mecánico)

65 No puedo restar 8 de 5, por lo tanto pienso el 5 como 15.
− 28 15 menos 8 es 7, y escribo 7.
Puesto que pensé el 5 como 15, pienso el 6 como 5.
5 menos 2 es 3, y escribo 3.

Método con significado



65 No puedo quitar 8 a 5, por tanto tomo prestada una decena a las 6 decenas.
− 28 Tacho el 6 y escribo un pequeño 5 para mostrar que tomé 10 en préstamo.
Escribo un pequeño «1» frente al 5 para mostrar que ahora tengo 15 y no 5. Luego resto.

WEAVER y SUYDAM (1972) señalan que en el método de instrucción con significado para este problema de resta, los maestros hacen que los alumnos comprendan el procedimiento utilizando objetos reales (por ejemplo, paquetes de palillos) y dibujos si fuera necesario, escribiendo el ejemplo en notación ampliada, escribiendo el dígito «prestado» y retardando el aprendizaje del modelo verbal hasta que hayan comprendido.

Adaptado de BROWNELL y MOSER (1949)

lápiz y papel, primero antes de usar las tazas, y el 68 % dio soluciones *Einstellung* de los primeros dos problemas críticos. De los dos que no eligieron utilizar lápiz y papel se descubrió un efecto *Einstellung* mucho menor, lo que sugirió la ayuda de hacer la tarea concreta. Sin embargo, cuando a los niños de sexto grado no se les permitió usar papel y lápiz, muchos no pudieron resolver los problemas usando los objetos concretos. Cuando este mismo problema se presentó a estudiantes secundarios y se les hizo trabajar con objetos concretos, el 60 % mostró el efecto *Einstellung* en los dos primeros problemas críticos si se les permitía usar papel y lápiz y el 55 % mostró el mismo efecto si no se les permitía. Aparentemente concretizar la situación reducía ligeramente pero no eliminaba el efecto *Einstellung* o la mecanización del pensamiento en este caso. Una razón de la dificultad de eliminar el efecto *Einste-*

llung según Luchins y Luchins era que los estudiantes seguían actitudes aprendidas en la escuela para resolver problemas que iban en contra de las manipulaciones experimentales.

Actividad

Se ha prestado mucho interés a la idea de que cuando los estudiantes descubren por sí mismos cómo resolver un problema, aprenden algo diferente a cuando simplemente se les da la solución. Una explicación de esta supuesta diferencia es que cuando las personas trabajan activamente en la solución de problemas están tratando de encajarlos en su propio conocimiento pero cuando se les dan las reglas para la solución las relacionan con un conjunto mucho más reducido de experiencias pasadas con estructuras cognitivas aprendidas de memoria. Aunque el aprendizaje por descubrimiento activo es considerado por lo general mejor en lo que respecta a la transferencia y retencion, se ha realizado poca investigación experimental para probarlo. Como señala WITTROCK (1966, pág. 33): «Se alaba mucho en psicología educacional el aprendizaje por descubrimiento. Pero ninguna de esas alabanzas ha sido empíricamente comprobada ni siquiera claramente verificada en un experimento».

GAGNÉ y SMITH (1962) investigaron el rol de la participación activa por el lado del que resuelve el problema con el problema del disco (EWERT y LAMBERT, 1932), o lo que ERNST y NEWELL (1969) llamaron el problema de la torre de Hanoi. Este problema, el del cuadro 4-2, es como sigue: dadas tres clavijas con un número dado de discos en la clavija 1, ordenarlos por orden de tamaño con el menor arriba, mover los discos de la clavija 1 a la 3 en el menor número posible de movimientos, moviendo uno por vez y no poniendo nunca un disco mayor sobre otro menor.

En cuatro grupos, los sujetos resolvieron este problema utilizando 2, 3, 4 y 5 discos en orden, en las siguientes condiciones: grupo 1 (grupo verbalizar y pensar), en el cual los sujetos recibían la indicación de decir la razón de cada movimiento y pensar el principio general implicado; el grupo 2 (grupo verbalizar), que sólo recibía la instrucción de verbalizar; el grupo 3 (grupo pensar), al que sólo se le decía que pensara en el principio general, y el grupo 4 (grupo control), que no recibía ninguna de estas instrucciones. Todos los sujetos eventualmente encontraron las soluciones a los cuatro problemas, pero los grupos 3 y 4 utilizaron menos tiempo efectuando más movimientos. Sin embargo, en un problema de transferencia utilizando seis discos y en el que no se requerían verbalizaciones, los sujetos que habían verbalizado durante los cuatro problemas previos funcionaron significativamente mejor que los que no habían verbalizado. El efecto de la instrucción de pensar en el principio general no fue significativo (véase cuadro 4-2). Aparentemente, la verbalización activa de cada movimiento hacía que los sujetos pensaran más en la regla básica central

Cuadro 4-2 El problema de los discos

Estado inicial

Estado final

Movimientos permitidos

Mover sólo un disco a la vez; tomar sólo el disco superior; nunca poner un disco mayor sobre un disco menor

Resultados en el problema de los 6 discos

	Grupos			
	1	2	3	4
Media de movimientos de más	7.9	9.3	48.1	61.7
Tiempo medio para la solución (en minutos)	4.2	3.8	10.1	10.0

Basado en GAGNE y SMITH (1962)

del problema, de modo que fueron capaces de transferirla mejor a una nueva situación.

En otro estudio, GAGNÉ y BROWN (1961) pidieron a los sujetos que resolvieran problemas de sumas de series como «¿Cuál es la suma y la fórmula para la suma de 1+3+5+7+9...?». A algunos de los sujetos (grupo de descubrimiento guiado) se les permitió resolver un conjunto de problemas con la ayuda de algunas indicaciones mientras que a otros se les dieron los mismos ejemplos pero se les dotaba de reglas y respuestas. Si bien el grupo de descubrimiento guiado tardó más tiempo en aprender, actuaron con mayor rapidez y cometieron muchos menos errores en tareas subsiguientes de transferencia que implicaban problemas similares pero diferentes de sumas de series.

Resultados similares obtuvieron ROUGHEAD y SCANDURA (1968), que dieron a algunos sujetos (el grupo de descubrimiento de la regla) tres ejemplos de sumas de series *con* reglas, seguidos de tres ejemplos que debían resolver utilizando la misma regla. Otros sujetos (grupo de la regla del descubrimiento) recibían los mismos problemas pero en orden invertido, es decir, que este grupo tenía que crear sus propias reglas para los tres primeros problemas y después se les daba la regla para los otros tres. Si bien este grupo tuvo más inconvenientes con los problemas originales, superó al primer grupo en las tareas de transferencia. Los resultados obtenidos por GAGNÉ y BROWN, y por ROUGHEAD y SCANDURA parecen mostrar que alguna actividad por parte de quien tiene que resolver el problema tiene como resultado un aprendizaje más amplio. Sin embargo debe señalarse que la actividad *per se* no garantiza la resolución productiva de problemas; por ejemplo, un sujeto que fracasa en resolver un problema no tendrá nada que añadir a su memoria por más activamente que pensara.

Imágenes

Otra forma por la cual una persona puede relacionar un problema con su experiencia pasada es formar una imagen. DESOTO, LONDON y HANDEL (1965), por ejemplo, han sugerido que los sujetos resuelven silogismos de ordenación lineal por medio de imágenes. Un sujeto a quien se le dice que «A es mejor que B» construye una imagen de A por encima de B, y si se le dice «A es peor que C» pone a C sobre A en la imagen. Y cuando se le pregunta «¿Es B mejor que C?» puede referirse a esta imagen y responder «No». Las precisiones (HUTTENLOCHER, 1968) y objeciones (CLARK, 1969) posteriores a esta teoría «paralógica espacial» del razonamiento silogístico serán consideradas en otro capítulo.

PAIGE y SIMON (1966) realizaron investigaciones para averiguar si las representaciones visuales utilizadas para resolver los problemas matemáticos tenían influencia sobre los resultados. Dieron a un grupo de estudiantes que terminaban la escuela primaria una serie de problemas de álgebra que incluían varias contradicciones y ambigüedades como el problema del cuadro 4-3. Además, pedían a los sujetos que dibujaran diagramas que representaran la información contenida en el problema. Los estudiantes que resolvieron el problema correctamente (o reconocieron las contradicciones) tendían a producir diagramas integrados. Los que no lograban la solución, tendían a producir una serie de diagramas, cada uno como representación de una oración del problema-cuento, o bien intentaban cambiar la información de la historia en un diagrama que tuviera sentido pero que difería de lo que se había presentado.

Otro ejemplo, atribuido al psicólogo de la Gestalt Duncker, se refiere al siguiente problema del monje:

> Un monje comenzó a escalar una montaña al amanecer. Llegó al templo que estaba en la cima al ponerse el sol y meditó toda la noche. Al amanecer del día siguiente bajó la montaña siguiendo el mismo camino, pero yendo más rápido, por supuesto. Cuando llegó abajo afirmó: «Hay un punto en este camino por

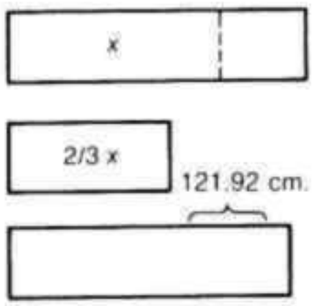
Cuadro 4-3 Problemas de álgebra con narración

El problema

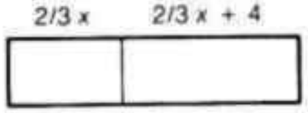
Una tabla fue serrada en dos pedazos. Una parte era dos tercios tan larga como el total de la tabla y era sobrepasada en largo por la segunda parte en 121,92 cm. ¿Cuanto media la tabla antes de que la cortaran?

Los diagramas

Los sujetos que no lograban reconocer las contradicciones tendían a dibujar diagramas no integrados como



Los sujetos que reconocían las contradicciones tendían a dibujar diagramas integrados como



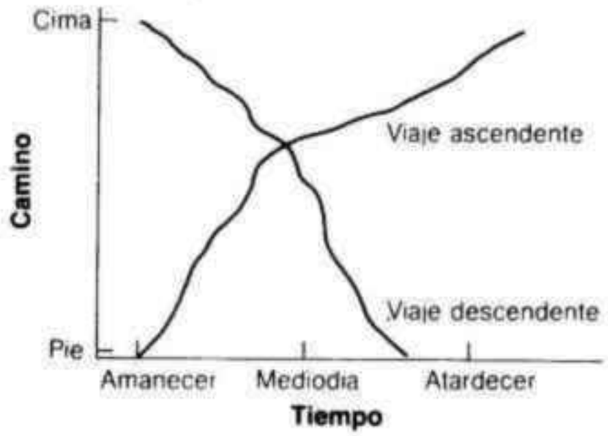
De Paige y Simon (1966)

el cual he pasado exactamente al mismo tiempo en mi camino ascendente y en mi camino descendente». ¿Puedes probar que el monje estaba en lo cierto?

Si el lector intenta representarse este problema algebraicamente o incluso en palabras, pasará un mal rato. Sin embargo, si visualiza el problema como en el cuadro 4-4 verá que existe un punto en el cual la hora del día es la misma para el viaje ascendente y el viaje descendente. Otra forma de plantear el problema es decir que hay dos monjes, uno abajo y que realiza el viaje ascendente y otro en la cima y que hace el viaje inverso, y preguntar si se encontrarán, o estarán en el mismo lugar al mismo tiempo. El problema se resuelve cuando se puede pensar en los viajes ascendente y descendente produciéndose simultáneamente el mismo día.

Estos resultados sugieren que la traducción de la información de un problema a una representación visual puede implicar una especie de asimilación

Cuadro 4-4 El problema del monje



Adaptado de Hayes (1978)

y que los diagramas visuales integrados pueden resultar herramientas útiles para resolver cierto tipo de problemas.

Representación del problema

La teoría del significado sugiere que diferencias sutiles en la forma en que un problema es presentado pueden tener efectos muy diferentes en cómo un sujeto asimila el problema y por tanto en la solución del problema mismo. Por ejemplo, consideremos el problema del cuadro 4-5 basado en un ejemplo parecido de Kohler (1969). El problema consiste en determinar el largo de la línea *l* en el círculo. La figura de la parte izquierda del cuadro orienta por lo general a los sujetos hacia una manipulación del triángulo y con frecuencia hace que sea muy difícil hallar la solución. Sin embargo, si el problema es presentado como un intento de hallar un equivalente a la línea *l*, como en la figura del lado derecho del cuadro 4-5, todo resulta mucho más fácil. En este último caso el sujeto trabaja sobre un rectángulo, el cual incluye el radio. El ejemplo de Kohler sugiere que diferencias aparentemente sin importancia en la representación pueden tener influencia en cómo se asimila un problema, en este caso, si el problema se plantea sobre el triángulo o sobre el rectángulo.

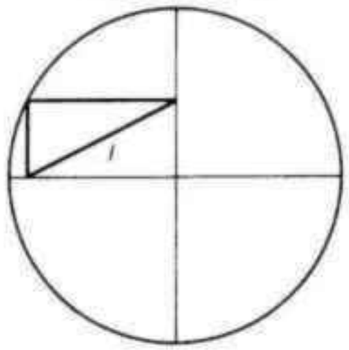
Tomemos otro ejemplo, esta vez un problema de álgebra con narración: «Dos estaciones de tren se encuentran a 50 km de distancia entre sí. A las 2 de una tarde del sábado, dos trenes salen, uno en dirección al otro, uno de cada estación. Justo cuando los trenes salen de las estaciones, un pájaro se lanza al aire delante del primer tren y vuela hasta encontrar el segundo tren. Cuan-

Cuadro 4-5 El problema del círculo

El problema

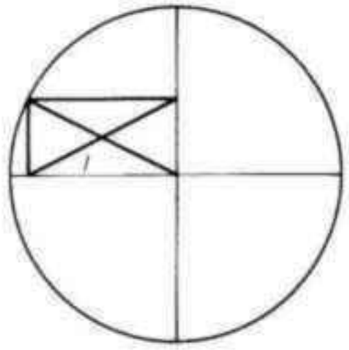
Determinar el largo de la línea *l* si se sabe que el radio del círculo es de 12.70 cm.

Diagrama difícil



La línea *l* como lado de un triángulo rectángulo

Diagrama fácil



La línea *l* como parte de la diagonal de un rectángulo

De Kohler (1969). © 1969 Princeton University Press. Impreso con autorización de Princeton University Press.

do el pájaro alcanza el segundo tren se vuelve y vuela hacia el primer tren. El pájaro continúa haciendo esto hasta que los trenes se encuentran. Si ambos trenes andan a una velocidad de 25 km por hora y el pájaro vuela a 100 km por hora, ¿cuántos kilómetros habrá recorrido el pájaro antes de que los trenes se encuentren?». Como señala Posner (1973, págs. 150-151), si los sujetos interpretan este problema en función del vuelo del pájaro, los cómputos para determinar la distancia entre cada vuelo entre los trenes pueden resultar muy difíciles. Si en cambio el problema pregunta «¿cuántas horas habrán pasado y cuántos km el pájaro habrá volado antes de que los trenes se encuentren?», el problema será probablemente interpretado como determinación del tiempo transcurrido; puesto que el pájaro vuela a 100 km/h puede determinarse fácilmente que ha volado 100 km. Una vez más, un pequeño cambio en la representación puede determinar que los sujetos asimilen el problema al recorrido del pájaro o al tiempo transcurrido.

Maier y Burke (1967) investigaron diferentes formas de representar problemas con narración y descubrieron que cambios menores en el vocabulario tenían efectos importantes. Tómese como ejemplo el problema del caballo en el cuadro 4-6. Los sujetos del experimento de Maier y Burke tuvieron un rendimiento muy pobre con este problema cuando se les dio la primera representación, y menos del 40 % obtuvo el resultado correcto (20 dólares). En

Cuadro 4-6 El problema del caballo

Representación 1

Un hombre compró un caballo por 60 dól. y lo vendió por 70 dól. Luego lo compró de nuevo por 80 dól. y lo vendió por 90 dól. ¿Cuánto ganó en el negocio de los caballos?

a. perdió 10 dól.
b. quedó a la par
c. ganó 10 dól.
d. ganó 20 dól.
e. ganó 30 dól.

Representación 2

Un hombre compró un caballo blanco por 60 dól. y lo vendió por 70 dól. Luego compró un caballo negro por 80 dól. y lo vendió por 90 dól. ¿Cuánto ganó en el negocio de los caballos?

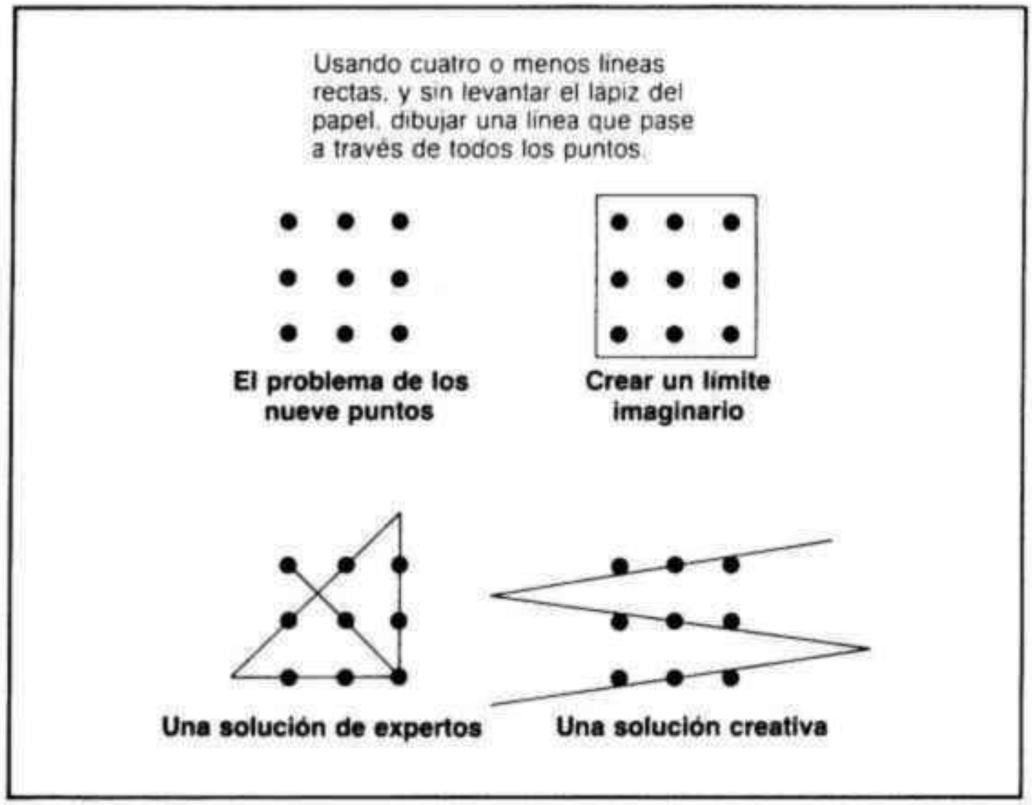
a. perdió 10 dól.
b. quedó a la par
c. ganó 10 dól.
d. ganó 20 dól.
e. ganó 30 dól.

Adaptado de Maier y Burke (1957)

cambio, cuando se les dio la segunda representación a un nuevo grupo de sujetos, el promedio de solución fue del 100 %. Aparentemente, la primera representación alentaba a los sujetos a pensar acerca de *un* caballo, mientras que la segunda representación los hacía interpretar el problema como dos transacciones separadas e independientes.

Adams (1974) dedicó un libro, *Conceptual Blockbusting*, a las técnicas para romper bloques conceptuales, a los que define como «muros mentales que impiden al que debe resolver el problema percibirlo correctamente o concebir su solución» (pág. 11). Tómese como ejemplo el problema de los nueve puntos del cuadro 4-7; en este problema hay que trazar cuatro líneas sin levantar el lápiz del papel de modo que cada punto sea cruzado por una de las líneas. Según Adams, la mayoría de los sujetos «delimitan el problema demasiado estrechamente», por ejemplo, un sujeto podría asumir que las líneas deben trazarse dentro de un límite imaginario, como la muestra el segundo panel del cuadro 4-7. Una solución posible, que es la preferida por «expertos», es la del tercer panel del cuadro 4-7. El que resuelve el problema debe ir más allá del límite cuadrado autoimpuesto. Adams sugiere también una solución creativa que

Cuadro 4-7 Los bloques conceptuales en el problema de los nueve puntos



utiliza líneas que no atraviesan el centro de los puntos, como se ve en el cuarto panel del cuadro. La solución requiere superar otro límite autoimpuesto en el problema, es decir, que no es necesario trazar las líneas por el centro de todos los puntos. Así, Adams concluye que un tipo importante de bloque conceptual es la tendencia a imponer muchos obstáculos al problema, es decir, representar el problema de forma que se limitan los tipos potenciales de solución. Superar los bloques conceptuales es similar a superar la fijeza funcional o *Einstellung*, como se vio en el capítulo anterior. En estos casos hay que buscar vías alternativas para la representación del problema. Estos bloques también pueden reducirse si las instrucciones del problema incluyen afirmaciones como «Las líneas pueden ir más allá de los puntos» o bien «Las líneas no necesariamente deben atravesar el centro exacto de cada punto». (El capítulo 13 trata con mayor profundidad las técnicas para estimular la solución creativa de problemas.)

Estos ejemplos sugieren que factores aparentemente sin importancia influyen en la forma en que un sujeto se representa un problema y por tanto afectan a la solución del mismo.

Evaluación

La teoría del significado está muy cerca de la teoría de la Gestalt y con frecuencia no se separa explícitamente de ella. Mientras que la teoría de la Gestalt pone énfasis en la estructura interna —cómo se relacionan entre sí los elementos para la solución del problema— la teoría del significado sostiene que este proceso estructurante está guiado por un proceso adicional, descubrir las relaciones externas entre los elementos presentes para la solución del problema y otros conceptos en la memoria del sujeto. Desgraciadamente, la teoría del significado padece de los mismos graves defectos que la teoría de la Gestalt, incluyendo la falta de claridad y de comprobabilidad experimental. Algunos desarrollos del campo del aprendizaje humano probablemente tengan influencia sobre esta área; por ejemplo, el concepto de «organizador avanzado» de Ausubel sugiere que presentar a los estudiantes esbozos e ideas previas antes de la enseñanza los guiará y ayudará en el proceso de asimilación. Sin embargo, la tarea a que deben enfrentarse los partidarios de la teoría del significado actualmente es distinguirla con claridad de la teoría de la Gestalt y expresarla de tal forma que invite a la comprobación.

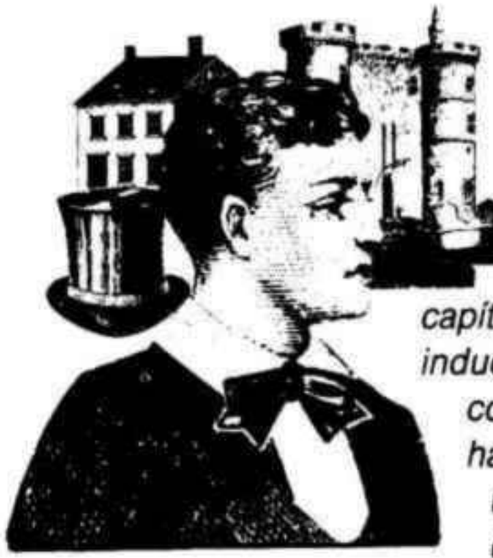
Lecturas recomendadas

AUSUBEL, D. P.: *Educational psychology: A cognitive view*. Nueva York, Holt, Rinehart y Winston, 1968. Los capítulos 2, 3, 14, 15 y 16 desarrollan la definición de la idea de la asimilación-al-esquema y su relación con la solución de los problemas.

BARTLETT, F. C.: *Remembering*. Londres, Cambridge University Press, 1932. Los experimentos de Bartlett y su teoría de asimilación al esquema.

Segunda parte

TAREAS BASICAS DEL PENSAMIENTO



En los capítulos 5 y 6 se consideran las tareas básicas que se han asociado con el estudio del pensamiento. El capítulo 5 introduce al lector a tareas inductivas como el aprendizaje del concepto. En estas tareas, quien ha de resolver el problema recibe una serie de instancias y debe inducir una regla para predecir instancias futuras. El capítulo 6 introduce al lector en las tareas deductivas como el razonamiento silogístico. En la deducción, se reciben premisas y se debe deducir lógicamente una conclusión, utilizando las reglas de la lógica. Tanto la inducción como la deducción interesaron desde siempre a los filósofos y ambas fueron objeto de intensos estudios desde que la psicología científica concentró su atención en la cognición humana. La induc-

ción y la deducción representan los dos tipos de tareas más ampliamente estudiados en la psicología cognitiva.

La estrategia de investigación que se sugiere en los capítulos 5 y 6 toma un tipo particular de tarea y luego intenta estudiar en detalle cómo los seres humanos resuelven esa tarea. A diferencia de los capítulos históricos (capítulos 1 al 4), que se basan en una perspectiva teórica general, los capítulos 5 y 6 permiten estudiar la solución de problemas desde una perspectiva de tipo particular. Estos capítulos describen la resolución humana de problemas en relación con tareas específicas y prototípicas.

Los capítulos 5 y 6 presentan la investigación y explicaciones básicas acerca de cómo las personas resuelven los problemas inductivos y deductivos. Si bien existen muchas otras tareas para la solución de problemas, el lector no debe considerar las expuestas en estos capítulos como si tuvieran un enfoque simplista. Por el contrario, la inducción y la deducción fueron seleccionadas para su estudio intensivo por los psicólogos experimentales (y antes que ellos por los filósofos) porque representan los procesos cognitivos que constituyen los fundamentos de toda cognición humana. En realidad, la inducción y la deducción han sido elegidas porque son tareas prototípicas que se encuentran en el corazón de la vida intelectual humana. De modo que si el lector llega a aprender de qué forma las personas resuelven los problemas inductivos y deductivos, podrá aplicarlos a una variedad más amplia de problemas.

5 La inducción de reglas: El pensamiento como verificación de una hipótesis

Aprendizaje de reglas: definición de pensamiento
Teoría de la continuidad
Teoría de la discontinuidad
Dominancia de claves
Estrategias
Modelos de comprobación de hipótesis
Factores que influyen en la dificultad
Abstracción de prototipos visuales
Modelo serial de aprendizaje
Juzgar la frecuencia y la probabilidad

Formación de conceptos

Suponga el lector que tiene frente a sí una cantidad de tarjetas con dibujos de diferentes colores, formas, medidas y una cantidad de objetos. Los colores son VERDE o ROJO, las formas son CIRCULAR o CUADRADA, los tamaños son PEQUEÑO o GRANDE y el número de objetos es UNO o DOS. El experimentador escoge una tarjeta y la coloca en una de dos cajas: Caja Sí o Caja No. Cada vez que el experimentador muestra una tarjeta el lector debe «adivinar» a qué caja pertenece.

En el cuadro 5-1 se muestran las tarjetas y sus grupos. Cubra el lector la columna Grupo Correcto con un papel e intente adivinar a qué grupo pertenece cada tarjeta, compruebe la respuesta correcta y así sucesivamente. Controle cuánto tiempo necesita para predecir el grupo de pertenencia sin error.

En otro ejemplo de este tipo de tarea el experimentador entra en la habitación, señala las patas de metal de la mesa, y dice: «Oogle». Luego se dirige a una silla de madera, la levanta para que todos la vean, la señala y dice: «Aagle». Habiendo realizado estas dos tareas «científicas», se dirige hacia una puerta, señala la manilla de metal y otra vez emite: «Oogle». Luego señala la parte superior de la puerta de madera y dice: «Aagle». Suponga el lector que se encuentra en un aula experimentando todo esto; en este momento tal vez siente gran curiosidad y absoluta expectación. Cuan-

do el experimentador señala el caño de salida del agua de una pila, ¿cuál cree el lector que será la respuesta de la clase?

¿Un coro de «Oogle», tal vez? Ante esto el experimentador sonríe y replica: «No, es un "aagle"». Este proceso de señalar cosas y decir a qué categoría pertenecen continúa hasta que los alumnos adquieren series prolongadas de buenas anticipaciones. La regla, según informan luego a los sujetos, está basada en la dirección en que apunta el dedo del experimentador: si señala hacia arriba es un «oogle», si lo hace hacia abajo, un «aagle».

Considere el lector otro ejemplo. El pequeño Billy está mirando por la ventana y ve un poodle... Su madre señala el poodle y dice: «Perro». Luego pasa un pastor alemán y otra vez su madre señala y dice: «Perro». Luego un terrier se pasea por la calle y nuevamente la madre dice: «Perro». Ahora Billy ya va comenzando a entender de modo que cuando una nueva criatura aparece ante su vista, da saltos muy excitado, señala al pequeño animal y a gritos dice: «Perro». Sin embargo esta vez la madre le apunta: «No, Billy, es un gato».

• • •

Todas estas tareas son ejemplo de *aprendizaje de conceptos* porque el sujeto debe aprender una regla para clasificar objetos en categorías mutuamente excluyentes. En general, cada presentación particular de un estímulo que ha de ser clasificado es llamado *ensayo* o *instancia* (por ejemplo, un-círculo-grande-rojo es la primera instancia de una categoría No), cada instancia puede tener varias *dimensiones* (número, color, medida, etc.) y cada dimensión puede tener varios *valores* o *rasgos* posibles (color rojo o verde, tamaño grande o pequeño, etcétera).

Estos ejemplos ilustran dos grandes tipos de tareas de aprendizaje de conceptos. Cuando todas las dimensiones del estímulo básico se describen al sujeto con anterioridad y el sujeto debe identificar después la regla sobresaliente, este tipo de aprendizaje de conceptos se llama *identificación del concepto;* así, en el primer ejemplo se dijo al lector todas las dimensiones como color verde contra rojo, tamaño grande contra pequeño, etcétera. Cuando el sujeto no conoce el conjunto básico de las dimensiones potencialmente importantes del estímulo y debe desarrollarlas o producirlas además de identificar la regla sobresaliente, la tarea se llama *formación del concepto*; el problema de oogle-aagle, en el cual no se decían las dimensiones incluidas madera contra metal, dedo arriba contra dedo abajo, etc., es un ejemplo de este tipo de aprendizaje del concepto. Obsérvese que cuando las personas tratan de resolver problemas de cualquiera de estos tipos, a veces comienzan creando reglas o hipótesis que están basadas en una dimensión errónea, o en pocas dimensiones —por ejemplo, pequeño = sí; metal = oogle; animal = perro— pero a medida que

Cuadro 5-1 Una tarea de aprendizaje de conceptos

El lector recibirá una serie de estímulos, individualmente, y cada ítem variará en forma (círculo o cuadrado), en tamaño (grande o pequeño), color (rojo o verde) y número (uno o dos). Cubra la columna rotulada «Grupo correcto» con una hoja de papel. En cada ítem de la izquierda, adivine su grupo (sea Grupo Sí o Grupo No), luego vaya bajando la hoja una línea para comprobar la respuesta y así sucesivamente.

Instancia	Su predicción	Grupo correcto
1 cuadrado grande rojo	____	No
1 cuadrado grande verde	____	No
2 cuadrados pequeños rojos	____	Sí
2 círculos grandes rojos	____	No
1 círculo grande verde	____	No
1 círculo pequeño rojo	____	Sí
1 cuadrado pequeño verde	____	Sí
1 cuadrado pequeño rojo	____	Sí
2 cuadrados grandes verdes	____	No
1 círculo grande rojo	____	No
2 círculos pequeños verdes	____	Sí
2 círculos pequeños rojos	____	Sí
2 círculos grandes verdes	____	No
2 cuadrados pequeños verdes	____	Sí
2 cuadrados grandes rojos	____	No
1 círculo pequeño verde	____	Sí

van adquiriendo experiencia aumentan los resultados correctos. En lo que queda de este capítulo investigaremos el proceso de pensamiento que subyace a este desarrollo.

Aprendizaje de reglas: definición de pensamiento

El ejemplo de aprendizaje de conceptos aporta una base para una teoría del pensamiento que pueda ir más allá del modelo jerárquico de respuesta simple. El proceso de pensamiento necesario para el aprendizaje de conceptos ha sido caracterizado de diferentes maneras, incluyendo dos clases de teorías:

La *teoría de la continuidad*, que considera al aprendizaje de conceptos como una extensión directa del modelo asociacionista E-R. Cada rasgo de una instancia sirve como estímulo y la respuesta particular queda fortalecida por todos los rasgos presentes en cada ensayo; así, una vez que se han presentado muchas instancias sólo los rasgos relevantes tendrán respuestas consistentes (y por tanto fuertes) asociadas a ellos. El pensamiento consiste simplemente en construir jerarquías de respuestas.

La *teoría de la discontinuidad*, que considera al aprendizaje de conceptos como la *inducción de reglas* (o hipótesis) y su *verificación*. Si una regla puede predecir la pertenencia de clase para cualquier instancia, se retiene; si no puede predecir pertenencia a una clase, se genera una nueva hipótesis. El pensamiento es la verificación de la hipótesis.

La concepción de la continuidad o asociacionista E-R y la teoría de la discontinuidad o de comprobación de hipótesis expresan diferentes predicciones acerca del comportamiento humano, y esto es lo que las siguientes secciones de este capítulo investigarán con mayor detalle.

La teoría de la continuidad

La teoría más obvia y directa del pensamiento es que el aprendizaje de conceptos es una simple extensión del modelo jerárquico de respuestas (o hábitos) descrito en el capítulo 2. Durante el aprendizaje de conceptos, el sujeto construye una jerarquía de respuestas para cada atributo del problema teniendo en cuenta el número de veces que cada categoría ha sido o no asociada con un atributo dado. Cuando surge un nuevo ejemplo, el sujeto simplemente refuerza la respuesta para todos los atributos presentes en este nuevo ejemplo.

Consideremos la situación del cuadro 5-1 en la que se muestran a los sujetos tarjetas con dibujos de color verde o rojo, de tamaño grande o pequeño, de forma cuadrada o redonda, de cantidad uno o dos. La teoría de la continuidad supone que cada tipo de color, tamaño, número y forma construye su propia jerarquía de respuestas (con las respuestas asociadas Sí o No) basadas en la experiencia pasada, como se muestra en el cuadro 5-2. Por ejemplo, supongamos que se le acaban de mostrar al sujeto los primeros seis objetos descritos en el cuadro 5-1 y ahora debe determinar si un cuadrado verde pequeño es un Sí o un No. En el cuadro 5-2 la jerarquía de respuestas para verde favorece al No como respuesta ya que ha sido asociada con No varias veces y pocas veces con Sí; de la misma forma.la jerarquía para uno favorece a No; la jerarquía de pequeño es fuertemente Sí y existe la misma preferencia para Sí o para No en respuesta a cuadrado. Las tendencias individuales para uno, verde, pequeño y cuadrado se añaden (o restan) para alcanzar una débil respuesta Sí, como se muestra en el cuadro 5-2. Si un cuadrado verde pequeño

Cuadro 5-2 Teoría de la continuidad. El aprendizaje de conceptos

A partir del ejemplo del cuadro 5-1, la teoría de la continuidad sugiere que el sujeto mantiene un registro del número de veces que cada atributo (por ejemplo, rojo, círculo, etcétera) ha sido asociado o no asociado con un Sí o con un No. En las primeras pocas instancias el registro podría ser como sigue:*

		Número		Color		Tamaño		Forma	
Instancia	Grupo	1	2	R	V	G	P	Cir.	C
1 cuadrado grande rojo	No	−	+	−	+	−	+	+	−
1 cuadrado grande verde	No	−	+	+	−	−	+	+	−
2 cuadrados pequeños rojos	Sí	−	+	+	−	−	+	−	+
2 círculos grandes rojos	No	+	−	−	+	−	+	−	+
1 círculo grande verde	No	−	+	+	−	−	+	−	+
1 círculo pequeño rojo	Sí	+	−	+	−	−	+	+	−

* El signo menos significa que el atributo era parte de un objeto colocado en el Grupo No o no era parte de un objeto colocado en el Grupo Sí; el signo más significa que el atributo era parte de un objeto del Grupo Sí o no era parte de un objeto del Grupo No.

Para determinar la jerarquía de respuestas para cada nueva instancia, la tendencia a decir Sí o No ante cada atributo debe sumarse para todas las instancias previas. Por ejemplo, después de las tres primeras instancias las tendencias de respuesta para la cuarta instancia son:

Dos—3 Sí y 0 No
Rojo—2 Sí y 1 No
Grande—0 Sí y 3 No
Círculo—2 Sí y 1 No

Para determinar la respuesta para 2 círculos grandes rojos, el total es 7 Sí y 5 No, de modo que puede haber una débil tendencia a decir Sí, que es la respuesta equivocada. Sin embargo, después de un poco más de práctica, las dimensiones irrelevantes se vuelven neutrales. Si la instancia séptima es 1 cuadrado verde pequeño, los cálculos son:

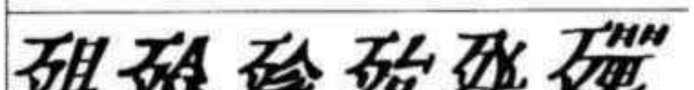
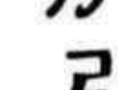
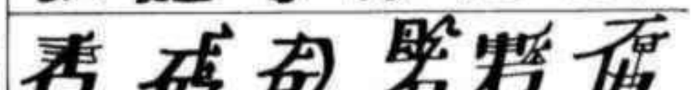
Uno—2 Sí y 4 No
Verde—2 Sí y 4 No
Pequeño—6 Sí y 0 no
Cuadrado—3 Sí y 3 No

Los totales son 13 Sí y 11 No, de modo que la respuesta puede ser un débil Sí.

resulta ser un Sí, la fuerza de respuesta para Sí en cada atributo se verá modificada y así sucesivamente. Con la práctica, la diferencia entre las intensidades de respuestas Sí y No se irán acercando a cero para todos los atributos

Cuadro 5-3 Experimento sobre aprendizaje de conceptos de Hull

Aquí se muestran seis de los radicales chinos que utilizó Hull. Primero, al sujeto se le mostraba un carácter chino y debía adivinar su «nombre» (por ejemplo, oo), luego el experimentador le daba el nombre correcto y así sucesivamente. Los caracteres con los mismos radicales siempre recibían el mismo nombre, de modo que después de ver varios grupos de caracteres, el sujeto mejoraba sus logros y eventualmente era capaz de nombrar correctamente caracteres que jamás había visto.

Nombre	Concepto	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV	Grupo V	Grupo VI
oo							
yer							
li							
ta							
deg							
ling							

De Hull (1920)

sin tamaño y las diferencias entre tamaño grande y pequeño seguirán aumentando.

Hull (1920) fue el primero en investigar este proceso de abstracción en el aprendizaje de conceptos por vía experimental. Los sujetos aprendían a dar una de 12 respuestas a 12 caracteres chinos como los del cuadro 5-3. Primero se mostraba el carácter, luego el sujeto emitía una respuesta como «oo», «li», «ta» y luego se daba al sujeto la respuesta correcta. Una vez que el sujeto respondía correctamente a los 12 caracteres se le mostraba otro grupo de 12 pero con cada carácter estaban asociadas las mismas 12 respuestas como en el primer grupo. Este proceso continuó con varios grupos diferentes. Los caracteres chinos contienen ciertos rasgos básicos llamados «radicales» y en el experimento el mismo radical siempre iba asociado con la misma respuesta. Los sujetos mostraron una gran mejoría en los últimos grupos de caracteres y con frecuencia eran capaces de adivinar la respuesta correcta para caracteres que nunca habían visto. Hull sacó la conclusión de que los sujetos habían abstraído los radicales básicos y habían desarrollado fuertes tendencias a responder a ellos, como lo describe la teoría de la continuidad. Los atributos sobresalientes, en este caso los radicales, evocaban con fuerza las diferentes respuestas mientras que los rasgos irrelevantes alrededor de los radicales tendían a volverse neutros. El proceso de abstracción adquirió velocidad pintando los radicales de rojo, y orientando así la atención del sujeto hacia la dimensión relevante. Esta velocidad adquirida es un ejemplo de «dominancia de claves», tema que consideraremos en este capítulo más adelante.

Teoría de la discontinuidad

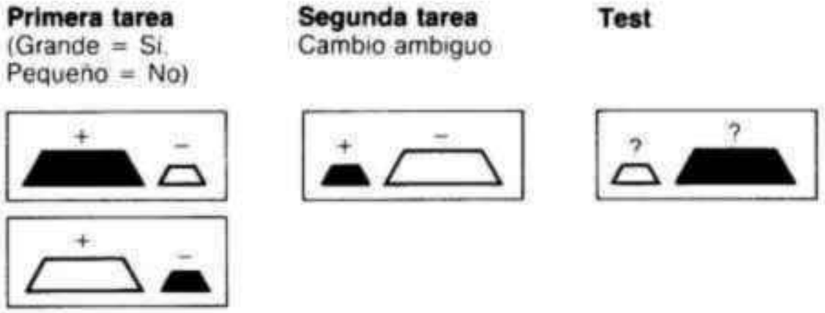
¿Es posible explicar el aprendizaje de conceptos por esta visión directa del que piensa como alguien que registra pasiva y gradualmente la experiencia pasada y la convierte en múltiples jerarquías de respuestas? Una concepción alternativa es la de que el aprendizaje de conceptos no es un proceso gradual de fortalecimiento de asociaciones, sino más bien un proceso no continuo o discontinuo de construcción y verificación de hipótesis hasta que una funciona. Según la teoría de la verificación de hipótesis los individuos intentan formular activamente una regla y se apegan a ella hasta que deja de funcionar. Esta actitud es llamada la estrategia de «gana y queda, pierde y cambia».

Por ejemplo, en la tarea del cuadro 5-1, un sujeto al que se le ha dicho primero que un círculo grande rojo es No puede hacer la hipótesis de que «rojo es No, verde es Sí» y cuando se le muestra un cuadrado grande verde dirá «Sí». Puesto que es una respuesta errónea, el sujeto hará una nueva hipótesis, como por ejemplo «uno es No, dos es Sí», que funciona para dos cuadrados rojos pequeños pero que, cuando fracasa en dos círculos rojos grandes, la cambiará por una nueva hipótesis como por ejemplo «pequeño es Sí, grande es No» y de allí en adelante no cometerá más errores. En la teoría de la discontinuidad, pensar implica construir una hipótesis y mantenerla hasta que es desautorizada y por lo tanto implica más que un aprendizaje gradual de asociaciones. Encontrar la solución correcta es un proceso de «todo o nada».

Los Kendler (Kendler y D'Amato, 1955; Kendler y Kendler, 1959, 1962, 1975) investigaron las dos teorías sobre el aprendizaje de conceptos en una serie de experimentos que implicaban cambios en las reglas. Los estímulos se presentaban de a pares, el sujeto escogía uno y el experimentador daba entonces la respuesta correcta. Por ejemplo, supongamos que un sujeto aprende el conjunto de respuestas dadas en el cuadro 5-4: Sí para negro-grande y blanco-

Cuadro 5-4 Cambios invertidos y no invertidos

En el ejemplo anterior el sujeto aprende la tarea 1 y luego se le presenta la segunda tarea que implica ya sea un cambio invertido o no invertido. El cambio invertido utiliza la misma dimensión (tamaño) pero el cambio no invertido utiliza una dimensión diferente (color). En el ejemplo inferior (llamado *cambio* opcional) el sujeto aprende la tarea 1, luego se le da la tarea 2 y por último debe determinar las respuestas correctas en un test ambiguo.



De KENDLER y KENDLER (1962a, 1975).
©1962 American Psychological Association.
Reproducido con autorización del autor.

grande y No para blanco-pequeño y negro-pequeño. La regla puede entonces interpretarse de dos formas: *cambio invertido*, en el cual dos grandes son No y dos pequeños son Sí, o un *cambio no invertido*, en el cual se usa una nueva dimensión, como rotular el negro Sí y el blanco No. Si el aprendizaje de conceptos implica fortalecer las asociaciones simples E-R (teoría de la continuidad) entonces el cambio invertido debería ser más difícil de aprender puesto que requiere cambiar cuatro asociaciones mientras que el cambio no invertido sólo requiere modificar dos eslabones. Sin embargo, si el aprendizaje de conceptos implica formar una regla que *medie* entre el estímulo y la respuesta (teoría de la discontinuidad) entonces en un cambio invertido la misma dimensión media y sólo es necesario añadir nuevos rótulos mientras que en el cambio no invertido se debe hallar una nueva dimensión y nuevos rótulos. Una larga serie de estudios mostró que el cambio invertido era más fácil de aprender que el cambio no invertido, tanto para estudiantes de escuela secundaria como para niños por encima de cinco años, y que el cambio no invertido era más fácil para los niños preverbales (menores de cinco años) y para animales de laboratorio.

En otro grupo de experimentos se enseñaba a los sujetos que las respuestas apropiadas para figuras como negro-grande y blanco-grande era Sí y para negro-pequeño y blanco-pequeño era No. Entonces había un cambio ambiguo, por ejemplo, los sujetos aprendían que negro-pequeño era ahora Sí y que blanco-grande ahora era No. ¿Qué era negro-grande o blanco-pequeño? Si el sujeto respondía que negro-grande era Sí y que blanco-pequeño era No se trataba de un cambio no invertido: dos de las asociaciones originales eran retenidas y la regla de clasificación se basaba en una nueva dimensión, el color. Si el sujeto decía Sí para el objeto negro-grande o blanco-pequeño, se trataba de un cambio invertido: se cambiaban las cuatro asociaciones originales y sólo se retenía la dimensión original, el tamaño. Puesto que un cambio no invertido requiere pocas asociaciones nuevas, podía ser previsto desde la teoría de la continuidad; la teoría de la discontinuidad hubiera previsto que, puesto que el pensamiento está basado en reglas y no en asociaciones individuales, era más probable un cambio invertido. Los niños menores por lo general prefirieron cambios no invertidos, pero los niños mayores y los adultos preferían los cambios invertidos. Esto queda ilustrado por los porcentajes de los cambios invertidos: 37 % en los niños de 3 años, 50 % en los niños de 5 años y 62 % en los niños de 10 años. Kendler y Kendler concluyeron que a medida que se avanza en edad, el pensamiento en la situación de aprendizaje de conceptos está probablemente mediatizado más por una regla general que por asociaciones individuales.

Otro test del argumento continuidad-discontinuidad fue llevado a cabo por BOWER y TRABASSO (1963; TRABASSO y BOWER, 1964, 1968). Presentaban a estudiantes secundarios una tarea de aprendizaje de conceptos similar a la del cuadro 5-1, con seis dimensiones, cada una de las cuales tenía dos atributos: color (rojo o azul), tamaño (grande o pequeño), forma (cuadrada o hexagonal), número (tres o cuatro), posición (derecha o izquierda), área sombreada (derecha arriba e izquierda abajo o izquierda arriba o derecha abajo). Los estímulos se presentaban uno por vez y se pedía al sujeto que anticipara a cuál de las dos clases pertenecía el estímulo, luego el experimentador daba la respuesta correcta y así sucesivamente. Observando el rendimiento de los sujetos, Bower y Trabasso advirtieron que el patrón de rendimiento permanecía en el nivel del azar por largo tiempo, luego saltaba súbitamente a un 100 % de corrección. Esta observación parecía concordar con la teoría de la discon-

tinuidad, pero para comprobar esta teoría con mayor precisión Bower y Trabasso realizaron un experimento posterior en el cual la regla para la solución se cambiaba mientras los sujetos todavía respondían en un nivel de azar, es decir, antes de que aprendieran el original Rojo = 1, Azul = 2. La teoría de la continuidad postula que este cambio perjudicaría seriamente el aprendizaje puesto que las intensidades asociativas van fortaleciéndose lentamente en relación con las claves relevantes; la teoría de la discontinuidad postula también que el cambio no aparejará ninguna diferencia, puesto que quien ha de resolver el problema todavía no ha inducido la regla clasificatoria. Los resultados dieron netamente la razón a la teoría de la discontinuidad: cambiar la regla para la solución antes del aprendizaje no hace más lento el aprendizaje de un grupo de sujetos comparado con otro grupo que retuvo la misma regla a lo largo de toda la experiencia. Aparentemente estos sujetos construían una hipótesis, la probaban en estímulos nuevos y la cambiaban sobre la base de una retroalimentación negativa sin la necesidad de registrar las experiencias pasadas con los atributos particulares. Los resultados obtenidos por Bower y Trabasso indican que cuando estos sujetos escogían una nueva hipótesis no se beneficiaban en absoluto de una larga cadena de experiencias; cada nueva selección de una hipótesis podía ser hecha independientemente de las hipótesis previas. Los modelos matemáticos basados en esta idea fueron trabajados por Restle y Greeno (1970).

Sobre la base de estos descubrimientos, la teoría de la discontinuidad parece ser la mejor descripción del pensamiento de los estudiantes secundarios y de algunos niños verbales. Osler y Fivel (1961) investigaron el patrón de rendimiento antes de la solución en una tarea de identificación de conceptos con estudiantes superiores. Observaron que los estudiantes con un CI por encima de 110 mostraban el mismo aprendizaje súbito observado por Bower y Trabasso: un período de rendimiento por azar, presumiblemente mientras se seleccionaban las hipótesis, seguido por un rendimiento del 100 % cuando la hipótesis correcta era por fin elegida. Sin embargo, los estudiantes con inteligencia promedio o por debajo del promedio mostraban un patrón en el cual la tasa de respuestas correctas para cada individuo se iba elevando gradualmente. Una interpretación posible de estos descubrimientos es que los estudiantes brillantes hacían hipótesis sucesivas mientras que la estrategia de los otros era aprender por asociación.

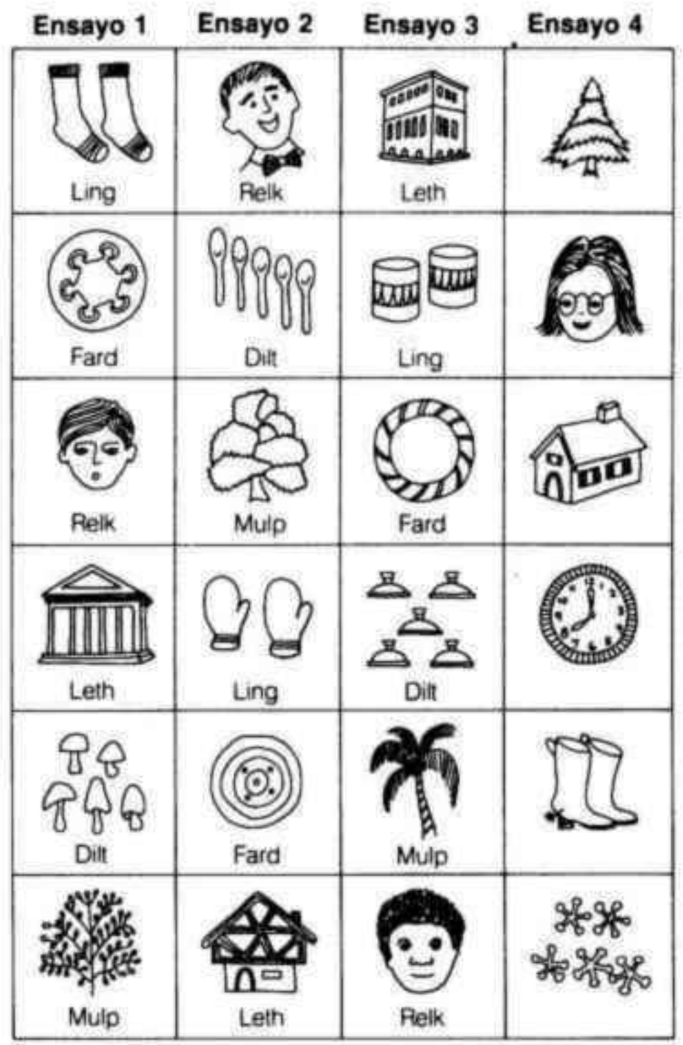
Dominancia de claves

Jerarquía de las dominancias

Cuando las personas construyen hipótesis para una regla clasificatoria pueden no elegir enteramente al azar los rasgos que observan; algunos elementos

Cuadro 5-5 Experimento sobre aprendizaje de conceptos de Heidbreder

Se mostró a los sujetos dibujos como estos, uno por vez, y se les pidió que los nombraran. Entonces se les dio el nombre correcto. Después del conjunto 1, se les mostró el conjunto 2 y se daba el mismo nombre al mismo tipo de dibujo. Después de varios ensayos los sujetos comenzaron a «adivinar» los nombres de los nuevos objetos correctamente.



Adaptado de Heidbreder (1947)

de los estímulos pueden atraer su atención más prontamente que otros. En una serie clásica de experimentos de aprendizaje de conceptos, Heidbreder (1946, 1947) investigó esta cuestión. Estos experimentos eran semejantes a los

de Hull en el sentido de que Heidbreder mostraba a sus sujetos una serie de dibujos como los que aparecen en el cuadro 5-5 uno a la vez y les pedía que adivinaran la palabra sin sentido asociada con cada figura. Luego les daba la respuesta correcta. Después de recorrer una serie de dibujos, Heidbreder repetía este procedimiento con otra serie y así sucesivamente. Los sujetos no veían el mismo par figura-nombre más de una vez pero las palabras-respuesta estaban siempre asociadas con cierto tipo de figura: por ejemplo *leth* con edificio, *fard* con círculo, *relk* con cara, *mulp* con árbol, *ling* con dos y *dilt* con cinco. Los sujetos sólo podían adivinar en el primer ensayo, por supuesto, pero a medida que hacían más ensayos comenzaron a identificar los nombres de los dibujos correctamente. Así, al igual que los sujetos de Hull, los sujetos en las investigaciones de Heidbreder fueron capaces de abstraer el rasgo apropiado del dibujo y basar sus respuestas en él. Heidbreder se interesó especialmente en el descubrimiento de que ciertos dibujos eran más fáciles de aprender que otros. Los dibujos con características concretas, como los edificios, caras y árboles, eran por lo general más fáciles de identificar que las formas como círculos o cruces, y las figuras de conceptos abstractos como los números dos y cinco fueron los más difíciles de identificar entre todos.

Si bien otros investigadores han observado diferentes patrones en sus sujetos (Dattman e Israel, 1951; Baum, 1954), trabajos como el de Heidbreder parecen indicar que los sujetos pueden ingresar a la situación experimental con una serie de preferencias hacia qué rasgos de la situación prestarán mayor atención. Heidbreder se refirió a estas preferencias como «jerarquía de dominancia»; es decir, los sujetos pueden tener una tendencia a prestar atención primero a los objetos concretos, y cuando éstos ya están incorporados, a las formas y luego a los conceptos abstractos como los números. Dattman e Israel, así como Baum, hallaron que un factor que influía en esta jerarquía de atención era el número de conceptos similares que interferían en el problema. Por ejemplo, los sujetos con frecuencia cometían errores con los conceptos de número y decían la palabra que correspondía al seis cuando el dibujo requería la palabra para el dos; si sólo se utilizaba un concepto numérico, entonces se aprendía con mayor rapidez. En otras palabras, cuando se utilizaban varios conceptos numéricos, podían ser al principio interpretados como «número», y sólo más tarde eran clasificados como los números particulares dos o seis, y así sucesivamente, mientras que los árboles, las caras y los edificios eran inicialmente clasificados como tales por los sujetos.

Nivel de dominancia

Underwood y Richardson (1956) desarrollaron el concepto de *nivel de dominancia* para indicar la probabilidad de que un cierto estímulo produjera como respuesta una cierta impresión de sentido. Por ejemplo, el concepto de

blanco tiene un alto nivel de dominancia para palabras como *leche, tiza* y *nieve*, porque las personas generalmente las identifican como blancas, pero un bajo nivel de dominancia para palabras como *baseball, fango* y *azúcar* porque raramente provocan la idea de blanco como primera respuesta. En los experimentos de aprendizaje de conceptos como el de Heidbreder las palabras que compartían el mismo alto nivel de dominancia para una impresión sensorial eran mucho más fáciles de aprender que las palabras que compartían un nivel de dominancia bajo. De este modo, modificando la idea de Heidbreder de que ciertos atributos son observados antes que otros, la teoría del nivel de dominancia supone que cuando un estímulo se presenta provoca una respuesta que se basa en sus características. Esta característica se toma en cuenta a menos que fracase para predecir el concepto, en cuyo caso se presta atención al segundo rasgo más dominante del estímulo y así sucesivamente.

Predominio de las claves

Trabasso (1963) investigó el aprendizaje de conceptos utilizando dibujos de flores que variaban en el número y la forma de las hojas, ángulos de las ramas, colores, etcétera. Trabasso descubrió que ciertas claves eran más significativas o *sobresalientes* que otras. Por ejemplo, en un experimento en que la regla clasificatoria estaba basada en el color (fijado en un ángulo), el promedio de errores era 4, pero cuando la dimensión relevante era el ángulo (y el color fijo) los errores promediaban en 19,5. Utilizando estos resultados, Bower pudo asignar pesos de preeminencia a los factores de sus dibujos de flores que indicaban la tendencia de los sujetos a basar sus hipótesis sobre cada clave. Un descubrimiento interesante fue que las ponderaciones de las preeminencias de clave eran acumulativas; por ejemplo, si el ángulo era la dimensión relevante y el color era siempre correlativo al tamaño del ángulo, el aprendizaje era mucho más rápido que cuando el ángulo era relevante pero el color variaba.

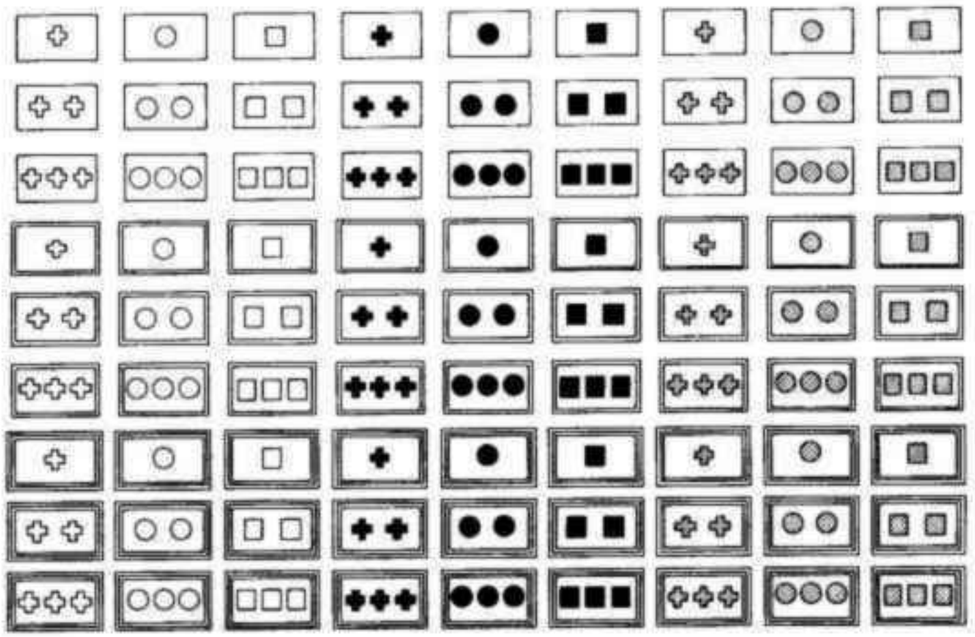
Estos estudios parecen indicar que en una situación dada de aprendizaje de conceptos, las hipótesis tienden a construirse sobre la base de determinadas dimensiones «dominantes» o «sobresalientes»; sólo si estas hipótesis fracasan, el sujeto creará nuevas hipótesis sobre la base de dimensiones menos sobresalientes. Estas ideas están estrechamente vinculadas a la idea de «familia jerarquizada de hábitos» tratada en el capítulo 2.

Estrategias

Probablemente el experimento más conocido y citado con mayor frecuencia sobre el aprendizaje de conceptos fue realizado por Bruner, Goodnow y Austin (1956) y publicado en su clásica monografía *A Study of Thinking*. Es-

Cuadro 5-6 Estímulos utilizados en experimentos de aprendizaje de conceptos

Los sujetos elegían o bien se les mostraba una tarjeta cada vez. Entonces «adivinaban» si era una instancia positiva o negativa y luego se les daba la respuesta correcta. Las tarjetas variaban en forma, color, número de recuadros y número de objetos.



De Bruner, Goodnow y Austin (1956)

tos investigadores utilizaron un conjunto de 81 estímulos, los del cuadro 5-6, con cuatro *dimensiones* de tres *valores* (o atributos) por dimensión: *forma* —círculo, cuadrado, cruz—; *color* —rojo, verde, negro—; *número de márgenes* —1, 2 o 3—; y *número de objetos* —1, 2 o 3—.

Las reglas de clasificación podían hacerse de diferentes formas, pero las tres clases principales utilizadas por Bruner, Goodnow y Austin fueron: 1) *conceptos de valor único*, en los cuales el concepto era definido como portador de un valor particular o una dimensión particular, ignorando todas las otras dimensiones (por ejemplo, rojo); 2) *conceptos conjuntivos*, en los cuales el concepto se definía como portador de un valor en una dimensión *y* otro valor en otra dimensión (cruces rojas, por ejemplo); y 3) *conceptos disyuntivos*, en los cuales el concepto se definía por un valor en una dimensión *o* un valor diferente en otra dimensión (rojo o cruz).

Una vez elegida una regla de clasificación, era necesario un método para

presentar las *instancias* (o ejemplares) positivas deseadas del concepto y las instancias negativas (no ejemplares) al sujeto. Los dos métodos más importantes utilizados fueron: 1) *el método de recepción*, en el cual el experimentador elegía las tarjetas estímulo una por vez, el sujeto decía si pensaba que la tarjeta era una instancia positiva o negativa y el experimentador le decía si estaba o no en lo cierto; y 2) *el método de selección*, en el cual el sujeto observaba el tablero completo de los 81 estímulos, elegía una tarjeta por vez y decía en cada caso si pensaba que era una instancia positiva o negativa de la regla, y el experimentador indicaba si estaba o no en lo cierto.

Observando el proceso de solución de estos problemas de aprendizaje de conceptos en estas condiciones, Bruner, Goodnow y Austin notaron que sus sujetos parecían utilizar ciertas estrategias. Con el método de recepción, por ejemplo, se observaron dos *estrategias de recepción* distintas:

Estrategia total — En ella el sujeto debía memorizar todos los atributos comunes a aquellas instancias en que la respuesta era correcta e ignorar todo lo demás, por tanto eliminar atributos que no formaran parte de una instancia positiva.

Estrategia parcial — Aquí el sujeto enfocaba una hipótesis por vez (por ejemplo, color verde = Sí), mantenía la hipótesis si predecía correctamente la pertenencia de una tarjeta estímulo, y construía una nueva basándose en las experiencias pasadas si ésta no funcionaba.

Estas estrategias quedan especificadas en el cuadro 5-7.

En general, Bruner y sus colaboradores hallaron que la estrategia total tenía como resultado un rendimiento mejor del aprendizaje, especialmente cuando los sujetos estaban presionados respecto al tiempo. La estrategia parcial requiere que el sujeto retenga toda la información anterior y seleccione una hipótesis consistente con esta información, mientras que la estrategia total incorpora un registro de todas las instancias pasadas dentro de la hipótesis actual. El sujeto que utiliza una estrategia total recuerda todos los valores de la primera respuesta correcta o instancia positiva correcta y elimina gradualmente aquellas que no reaparecen en las instancias positivas subsiguientes. Si bien las instancias negativas no han constituido una parte importante de nuestra discusión de la teoría de Bruner, otros investigadores han hallado que los sujetos pueden aprender igualmente bien con instancias negativas o con positivas (Freibergs y Tulving, 1961).

Con el método de selección, Bruner, Goodnow y Austin observaron varias estrategias de selección similares:

Examen simultáneo, en el cual el sujeto comenzaba con todas las hipótesis posibles y eliminaba las insostenibles después de cada instancia.

Cuadro 5-7 Estrategias en el aprendizaje de conceptos

Cuando se presentaba a los sujetos una serie de instancias seleccionadas entre las que se ven en el cuadro 5-6, y se les preguntaba si era una instancia positiva o negativa, ellos podían adoptar una de las siguientes estrategias, o bien una combinación mixta.

Estrategia totalizadora (holística)

Tomar la primera instancia positiva y retener todos los atributos posibles como hipótesis inicial. Luego, a medida que se van presentando más instancias, eliminar cualquier atributo en este conjunto que no se produzca con una instancia positiva:

	Instancia positiva	Instancia negativa
Confirmar	Mantener la hipótesis que está en vigencia	Mantener la hipótesis que está en vigencia
Anular	Tomar como hipótesis siguiente lo que tienen en común la antigua hipótesis y la instancia actual	Imposible a menos que uno reconozca que se ha equivocado. Si uno se ha equivocado, corregir a partir del recuerdo de las instancias pasadas y las hipótesis actuales

Estrategia por partes (parcial)

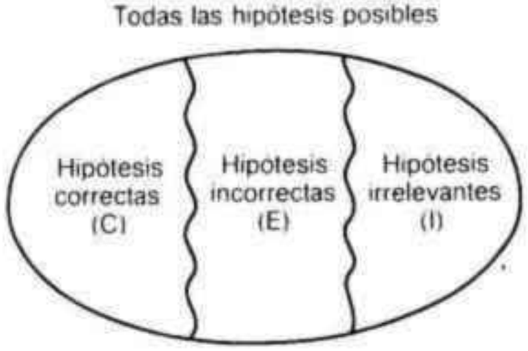
Comenzar con una parte de la primera instancia positiva (por ejemplo, elegir sólo un atributo). Luego retenerlo o cambiarlo de la manera siguiente:

	Instancia positiva	Instancia negativa
Confirmar	Mantener la hipótesis en vigencia	Mantener la hipótesis en vigencia
Anular	Cambiar la hipótesis para hacerla consistente con las instancias pasadas; es decir, elegir una hipótesis no anulada previamente	Cambiar la hipótesis para hacerla consistente con las instancias pasadas; es decir, elegir una hipótesis no anulada previamente

De Bruner, Goodnow y Austin (1956)

Examen sucesivo, en el cual el sujeto comenzaba con una hipótesis, la mantenía si predecía correctamente la pertenencia de clase y si no funcionaba la cambiaba por otra basada en la experiencia pasada.

Cuadro 5-8 Modelos de selección de hipótesis



En la primera instancia, un sujeto selecciona una hipótesis (o un conjunto) del total de las hipótesis posibles. Si la selección recae en C, el sujeto da una respuesta correcta; si lo hace en E, el sujeto da una respuesta incorrecta y la hipótesis retorna al total para volver a participar en la siguiente selección; si es en I, entonces puede llegar ya sea a una respuesta correcta (retener la hipótesis) o a una incorrecta (devolver la hipótesis al total y volver a elegir). Si «rojo» es la característica que define instancias positivas, entonces la hipótesis «rojo» estará en C, «verde» estará en E y «grande» estará en I y así sucesivamente.

Adaptado de Restle y Greeno (1970)

Enfoque conservador, en el cual el sujeto elegía una instancia positiva y elegía las tarjetas subsiguientes que cambiaban un valor atributo por vez.

Enfoque azaroso, en el cual el sujeto elegía una instancia positiva y seleccionaba las tarjetas siguientes que cambiaban varios atributos a la vez.

Las estrategias de exploración son semejantes a las estrategias parciales y las estrategias de enfoque son semejantes a las totales. Una vez más, el enfoque es por lo general mucho más eficiente porque no requiere tanta memorización.

Modelos de verificación de hipótesis

Las estrategias de Bruner, Goodnow y Austin sugieren que los sujetos crean y verifican hipótesis sobre la base de todas las instancias pasadas importantes. Sin embargo, Restle (1962) y Bower y Trabasso (1964; Trabasso y Bower, 1968) proponen un modelo básico para dar cuenta de la verificación de hipótesis. Representado en el cuadro 5-8, este modelo tiene dos ideas: 1) la

Cuadro 5-9 Procedimiento para los ensayos de Levine

Pares de estímulos	Respuestas para cada hipótesis							
	Negro	X	Izquierdo	Grande	Pequeño	Derecho	T	Blanco
X T	X	X	X	X	T	T	T	T
X T	T	X	X	T	X	T	T	X
T X	T	X	T	X	T	X	T	X
T X	X	X	T	T	X	X	T	T

Adaptado de LEVINE (1966)

dea del muestreo, en que el sujeto elige una hipótesis (o conjunto de hipótesis) de un fondo de todas las hipótesis posibles que pueden ser correctas, incorrectas o irrelevantes, y 2) la *idea de la no-memoria*, en que si la hipótesis tiene como resultado una clasificación correcta de una instancia es retenida, si no, se la descarta y se selecciona una nueva hipótesis o conjunto de hipótesis.

Para verificar este tipo de modelo, LEVINE (1966) adoptó un nuevo enfoque para la determinación de qué estrategia utilizaba el sujeto en el aprendizaje de conceptos. En los experimentos de Levine los sujetos tienen que elegir entre dos letras sobre una tarjeta estímulo como las que se ven en el cuadro 5-9. Las letras diferían por el color (blanco o negro), la posición (derecha o izquierda), el tamaño (grande o pequeño), y la forma (X o T). Se les decía a los sujetos que podían elegir sólo entre ocho hipótesis posibles —derecha, izquierda, grande, pequeño, negro, blanco, T o X— y se realizaban cuatro pruebas sin decirles si eran correctas, seguidas por una quinta prueba en la cual el experimentador decía al azar «Correcto» o «Equivocado». Levine observó que era evidente que los sujetos utilizaban hipótesis puesto que sus respuestas en cualquier conjunto de cuatro ensayos no retroalimentados eran consistentes con una de las ocho hipótesis sobre el 92 % de las veces. Basadas en las cuatro primeras respuestas, sus elecciones en el quinto ensayo eran previstas en el 97 % de las veces. Además, los sujetos tendían a retener la misma hipótesis si se les daba una retroalimentación positiva (el 95 % de las veces) y a cambiar por otra hipótesis si se les daba una retroalimentación negativa en el quinto ensayo (98 % de las veces). El experimento de Levine concuerda con la idea de que los sujetos usan estrategias, que escogen hipótesis una por vez, y que usan la política de si gana permanece, si pierde, cambia, pero no confirma la presunción de no-memoria del modelo. Por ejemplo, si los sujetos elegían con reemplazo, tenían un 12,5 % de oportunidades (una en ocho) de elegir la misma hipótesis después de un «error»; sin embargo la tasa de retención fue sólo del 2 %. Los resultados de Levine indican que los sujetos utilizaron algo de su experiencia pasada, pero por cierto, no toda la que tenían.

En un experimento posterior, WICKENS y MILLWARD (1971) dieron a sus sujetos mucha práctica en una tarea de aprendizaje de conceptos y describieron el rendimiento en función de un modelo de elección de hipótesis. Los resultados fueron coherentes con la idea de que los sujetos tienden a considerar un pequeño número de dimensiones simultáneamente, que una dimensión apareada inconsistentemente con la respuesta correcta es eliminada, y que cuando todas las dimensiones de un conjunto son eliminadas el sujeto escoge un nuevo conjunto. Estos sujetos aparentemente retenían alguna información acerca de anteriores dimensiones que habían sido comprobadas, pero había grandes diferencias individuales acerca de cómo podían recordarse muchas hipótesis anteriores. Siempre era más de cero —lo cual indicaba alguna memoria— pero era definitivamente limitada.

Factores que influyen en la dificultad

Se realizaron muchos estudios para investigar qué factores hacen más o menos difíciles los problemas de conceptos. Una cuestión se refiere al papel de las instancias positivas o negativas. En general, un sujeto que ha desarrollado una hipótesis tiende a escoger tarjetas de comprobación que la confirmen; es decir, los sujetos tienden a apoyarse en instancias positivas para verificar sus hipótesis y pueden ser menos capaces de usar la información proveniente de una instancia negativa que se prevé correctamente. En un experimento típico, FREIBERGS y TULVING (1961) presentaron a un grupo de sujetos 20 problemas diferentes de aprendizaje de conceptos. Con cada problema se daban a los sujetos todas las instancias positivas y todas las instancias negativas del concepto para que las aprendieran. En los primeros problemas, los sujetos resolvían con mucha mayor velocidad con todas las instancias positivas (el tiempo medio de solución fue de 50 a 140 segundos) que con todas las negativas (sin soluciones dentro de los 210 segundos). Sin embargo, después de alrededor de 15 problemas no había diferencia entre los grupos. Aparentemente estos sujetos tenían una preferencia por utilizar la información en instancias positivas, pero podían aprender, en un lapso de tiempo relativamente corto, a utilizar eficazmente la información en instancias negativas.

Otro factor importante que influye sobre la dificultad de los problemas de aprendizaje de conceptos es la complejidad de la regla conceptual que debe inducirse. Por ejemplo, varios experimentos muestran que aumentar el número de dimensiones relevantes tiende a disminuir el tiempo de solución puesto que un sujeto puede utilizar cualquier dimensión para resolver el problema; aumentar el número de dimensiones irrelevantes hace el problema más difícil por-

Cuadro 5-10 Un árbol de decisión secuencial

De EGAN y GREENO (1973).
Reproducido con permiso del autor y el editor.

que permite al sujeto más posibilidades de escoger una hipótesis inútil (BOURNE, 1966; BOURNE, EKSTRAND y DOMINOWSKI, 1971; WALKER y BOURNE, 1961). Además, el rendimiento respecto de la solución se vuelve más difícil en ciertas condiciones aumentando el número de valores por dimensión (BATTIG y BOURNE, 1961) y por la utilización de reglas de clasificación disyuntivas más que conjuntivas (HAYGOOD y STEVENSON, 1967).[1]

HUNT, MARIN y STONE (1966) representaron las reglas de clasificación como árboles secuenciales de decisión como el que se muestra en el cuadro 5-10. Puesto que las decisiones respecto a instancias nuevas se basan en una serie de pruebas que recorren el árbol hacia abajo, los árboles más complejos deberían ser mucho más difíciles de aprender. La evidencia necesaria para sostener esta idea se obtuvo a partir de un estudio realizado por Trabasso, Rollins y Shaughnessy (1971) en el cual los sujetos leían afirmaciones tales como: «triángulo grande y círculo rojo», y se les mostraba en una diapositiva un triángulo y un círculo. La tarea era verificar la afirmación respondiendo Sí o No ante la diapositiva. Los tiempos de lectura eran más largos para árboles complejos que para árboles simples, de modo que los tiempos de decisión también eran más largos. Aparentemente, la clasificación puede ser representada como un árbol de decisión secuencial, y a medida que se necesitan más decisiones el problema se vuelve más difícil.

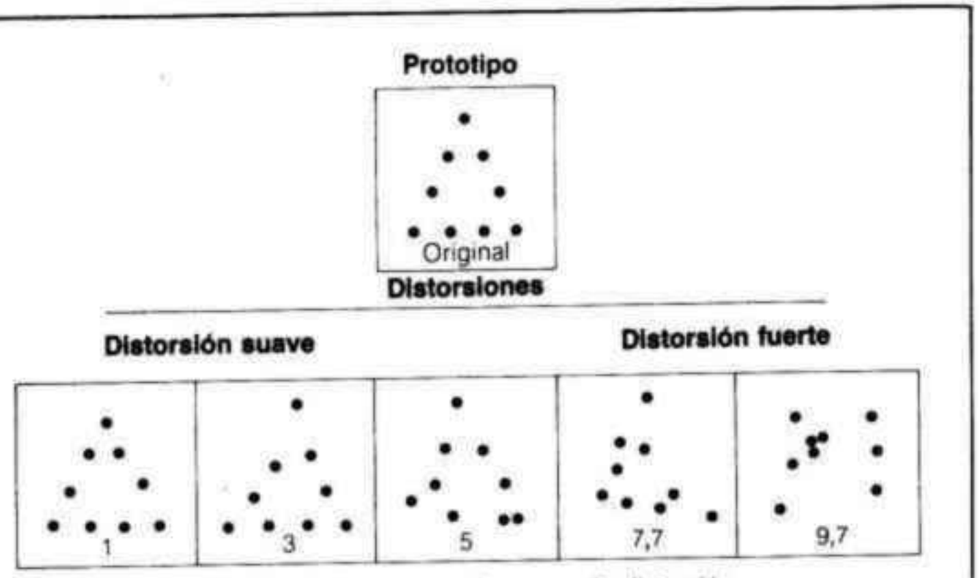
1. HAYGOOD, HARBERT y OMLOR (1970) definen las condiciones limitadas bajo las cuales aumentando el número de valores por dimensión aumenta la dificultad.

BOURNE (1970) obtuvo resultados similares en una tarea de aprendizaje de conceptos en la cual se presentaban a los sujetos objetos que variaban según la forma (cuadrado, círculo, triángulo) y según el color (rojo, verde, azul) y se les pedía que los clasificaran como Sí o No. El experimentador aportaba una retroalimentación basada en reglas ya sea muy complejas o muy breves que no se exponían ante el sujeto. Por ejemplo, una regla compleja que definía triángulo rojo y círculo rojo como No y todos los otros como Sí necesitó un promedio de 45 ensayos para ser aprendida: «Si un objeto es rojo y es también un cuadrado, conteste sí; si un objeto es rojo y no es un cuadrado, conteste no; si un objeto no es rojo, conteste sí». Una regla más simple que definía el triángulo rojo como Sí y todos los otros como No requirió un tiempo promedio de aprendizaje de 18 ensayos: «Si un objeto es rojo y es también un triángulo, conteste sí; de otra forma conteste no». BOURNE (1970) sugirió que el aprendizaje de conceptos puede requerir el aprendizaje de una jerarquía de reglas y subreglas y que además los problemas complejos incorporaban diversas reglas de niveles más bajos.

Abstracción de prototipos visuales

Una alternativa, o una mayor precisión de los modelos de comprobación de hipótesis en el apendizaje de conceptos, proviene de una serie de estudios sobre el aprendizaje para clasificar patrones visuales. En las secciones anteriores, el aprendizaje de conceptos se dividió en dos fases: aprender a prestar atención a los atributos relevantes y aprender la regla que debe ser aplicada a esos atributos. Sin embargo, otra manera de caracterizar este proceso inicial sería hacer un promedio de todas las instancias de cada categoría en una instancia esquemática o prototípica. Por ejemplo, veamos cómo se aprende a clasificar los coches en la categoría de Chevrolet, Ford o Dodge, sin tener en cuenta el año o el modelo, o cómo aprendemos a dividir el cambio en duros, pesetas, etc., sin tener en cuenta el año de impresión o la cantidad. Existen varias teorías alternativas para explicar esto, una de las cuales es *la abstracción del prototipo*. En el ejemplo de los automóviles, un individuo puede tener una imagen mental de un Chevy o un Ford típico y comparar todo coche con esta imagen ideal. Otra teoría de la clasificación es *la diferenciación de rasgos*. Aquí el sujeto aprende a prestar atención a claves particularmente notorias, como por ejemplo, los faros cuadrados del Chevrolet comparados con los faros redondos de los Ford. Si bien la teoría de la diferenciación de rasgos, que es un aspecto del aprendizaje de la discriminación, es una parte implícita de diversos modelos de aprendizaje de conceptos, algunos sujetos pueden utilizar la estrategia del prototipo en cierto tipo de tareas de aprendizaje de conceptos. Eventualmente estos dos enfoques deben ser reconciliados en una teoría general del aprendizaje de conceptos.

Cuadro 5-11 Patrón prototipo de puntos y varios grados de distorsión



Nota: Los números altos indican un grado mayor de distorsión.

De Posner y Keele (1968, 1970)

En un grupo de estudios, Posner y Keele (1968, 1970) presentaron patrones con puntos como los que muestra el cuadro 5-11. Cada patrón estaba construido mediante la distorsión de un prototipo de nueve puntos; por ejemplo, para crear una distorsión, varios de los puntos, elegidos al azar, podían moverse en el prototipo ya sea a la izquierda o a la derecha, hacia arriba o hacia abajo. En un experimento típico se mostró a los sujetos cuatro distorsiones diferentes de tres prototipos separados y se les pidió que clasificaran cada uno de esos patrones de 12 puntos en una de las tres categorías. Si bien los sujetos nunca vieron los prototipos reales, fueron capaces de aprender a clasificar sus ejemplares. Y lo que es más importante, una vez que los sujetos habían aprendido a clasificar el conjunto inicial de patrones distorsionadores, se les daba un test que consistía en clasificar «nuevos» patrones distorsionados hechos de la misma forma que los originales, los «viejos» patrones distorsionados, que eran idénticos a los ya aprendidos, y el prototipo real, que nunca habían visto. Los resultados fueron que los viejos patrones fueron clasificados bastante bien (alrededor del 87 % de corrección) y los nuevos patrones fueron un poco más difíciles (cerca del 75 % correctos); sin embargo, lo más asombroso fue que los prototipos resultaron correctamente clasificados así como los patrones viejos, es decir, que los sujetos se comportaron como si los prototipos fueran patrones viejos, incluso cuando nunca los habían visto. Estos resultados son coherentes con la conclusión de que los sujetos *abstrayeron* el prototipo general de las categorías haciendo un promedio de las características de las distorsiones que veían y que crearon los prototipos en su propia memoria.

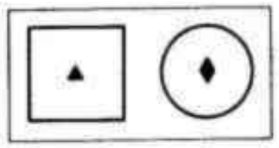
Un apoyo adicional a la idea de «abstracción del prototipo» proviene de un estudio similar de Posner (1969) en el cual los sujetos miraban un conjunto de patrones de puntos que eran distorsiones de un prototipo. En un test de reconocimiento subsiguiente, mostraron fuertes tendencias a clasificar el prototipo como si hubiera estado en el conjunto inicial, aunque no se les había mostrado antes. Aparentemente el proceso de abstracción del prototipo ocurre automáticamente incluso cuando no se apela a un aprendizaje deliberado de conceptos.

Franks y Bransford (1971) obtuvieron resultados complementarios en una investigación en la que utilizaron figuras geométricas como las del cuadro 5-12. Sus sujetos veían una serie de figuras que implicaban transformaciones de prototipos básicos y luego se les aplicaba un test de reconocimiento. No pudieron reconocer mejor los patrones «viejos» que las «nuevas» distorsiones de los mismos prototipos. Además, los sujetos confiaban más en los prototipos que habían visto que en los que anteriormente se les había mostrado. Los sujetos confiaban más en los patrones que habían visto y que diferían del prototipo por una sola y única transformación sin tener en cuenta si, de hecho, habían visto o no los modelos. Estos resultados completaban el descubrimiento de Posner de que lo que los sujetos aprendían acerca del conjunto inicial de estímulos era una abstracción, es decir, el prototipo.

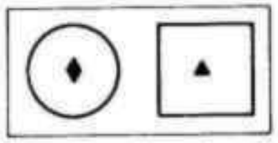
Reed (1972) obtuvo resultados similares utilizando un tipo diferente de patrón visual. Estudiantes secundarios aprendieron a clasificar dibujos de caras como los del cuadro 5-13 en dos categorías y se les pidió que informaran acerca de la estrategia utilizada. La estrategia predominante utilizada por los estudiantes fue abstraer un prototipo y comparar la «distancia» entre el prototipo y cada nuevo modelo de cara. Esta estrategia se resume como sigue: «Formaba una imagen abstracta de cómo debería ser una cara de la categoría dos. Luego comparaba la cara proyectada con las dos imágenes abstractas y escogía la que se le acercara más» (pág. 393). Otros sujetos, sin embargo, prestaban atención a ciertas claves sobresalientes: «Observaba cada rasgo de la cara proyectada y comparaba cuántas veces exactamente coincidía con un rasgo en cada una de las dos categorías. Entonces escogía la categoría que daba el mayor número de concordancias» (pág. 393).

Ambos tipos de estrategias —abstracción del prototipo y diferenciación de rasgos— también se encontraron en un estudio llevado a cabo por Hyman y Frost (1974). Los patrones de puntos fueron distorsionados alargándolos verticalmente (categoría alta) u horizontalmente (categoría ancha). Hyman y Frost hicieron el razonamiento de que si los sujetos abstraían prototipos esquemáticos, entonces los *promedios* de los grupos alto y ancho deberían poder clasificarse fácilmente; sin embargo, si se prestaba atención a los rasgos, entonces *el más alto* de la categoría de los altos y *el más ancho* de la categoría de los

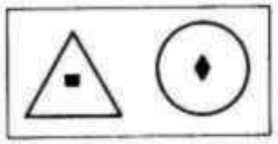
Cuadro 5-12 Prototipo y transformaciones de algunas figuras geométricas



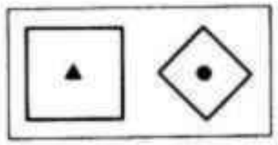
Base (prototipo)



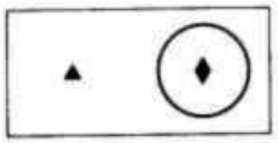
Tipo 1
Transformación de la base: cambio de lados derecho e izquierdo.



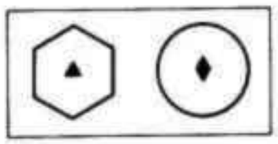
Tipo 2
Transformación de la base: cambio de las figuras interior y exterior del lado izquierdo.



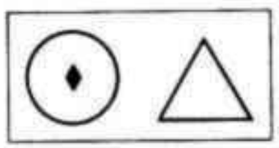
Tipo 3
Transformación de la base: cambio de las figuras interior y exterior del lado derecho.



Tipo 4
Transformación de la base: borrar una de las figuras.



Tipo 5
Transformación de la base: cambiar una de las figuras por algo diferente.



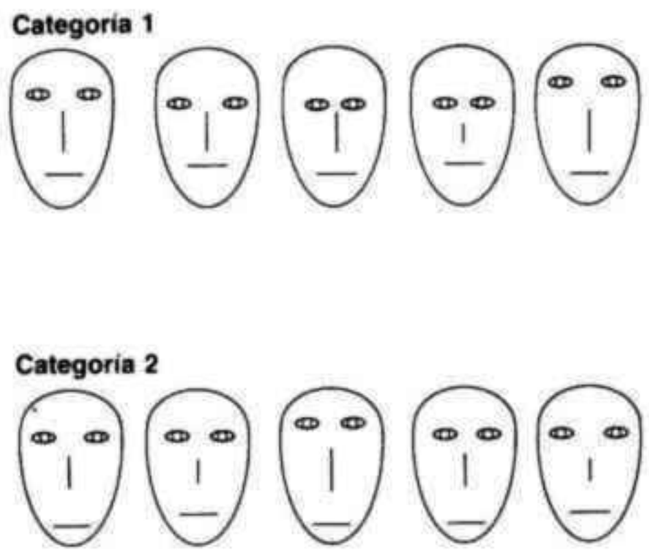
Transformaciones múltiples: Tipo 1 + Tipo 2 + Tipo 4.

De Franks y Bransford (1971)

anchos debería ser lo más fácil de clasificar. Midieron la velocidad y la precisión con que los sujetos clasificaban los diversos modelos y, como Reed, obtuvieron resultados mixtos: algunos sujetos tendían a basarse en prototipos y algunos tendían a buscar los rasgos distintivos.

Con posterioridad, Neumann (1977) aportó algunos ejemplos de situacio-

Cuadro 5-13 Dos categorías de caras



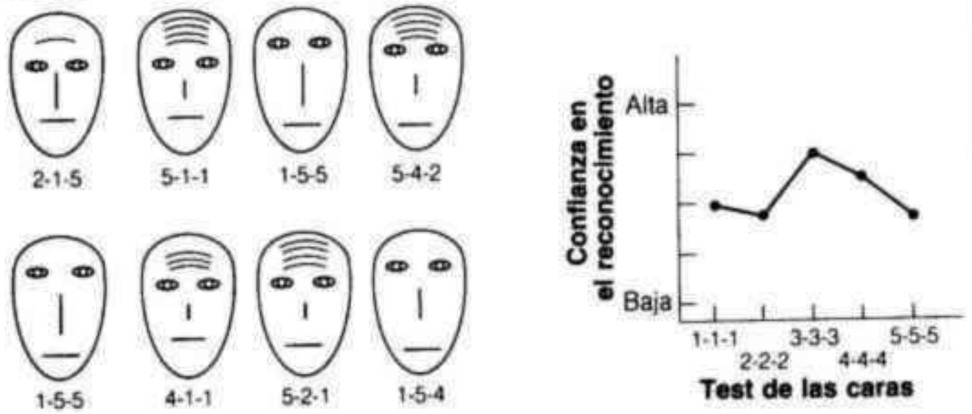
De Reed (1972)

nes en las cuales los sujetos utilizaban diferentes estrategias para formar reglas acerca de estímulos visuales. Por ejemplo, en un estudio se presentaba a los sujetos ocho caras (véase cuadro 5-14). Cada cara era generada por el retrato robot utilizado por los dibujantes de la policía, y cada uno variaba según tres dimensiones. Primero, la edad de la cara era manipulada agregando arrugas, desde el nivel 1 (sin arrugas) hasta el nivel 5 (muchas arrugas). Segundo, el largo de la cara era manipulado moviendo la línea del pelo y la barbilla, desde el nivel 1 (corto) hasta el nivel 5 (largo). Tercero, el largo de la nariz era manipulado desde el nivel 1 (corto) hasta el nivel 5 (largo). Así, era posible generar $5 \times 5 \times 5$ o sea 125 caras diferentes. Se seleccionaron ocho caras para el experimento de modo que para cada dimensión hubiera tres instancias del nivel 1, tres instancias del nivel 5, una instancia del nivel 2, una instancia del nivel 4 y ninguna instancia del nivel 3. Las caras por tanto enfatizaban los extremos: eran caras muy cortas o muy largas, narices muy cortas o muy largas, caras muy viejas o muy jóvenes.

En un test de reconocimiento posterior se mostraron caras a los sujetos y se les preguntó si esas caras ya les habían sido presentadas. El test incluía caras que estaban en el nivel 1 en todas las dimensiones (llamadas caras 1-1-1), de nivel 2 en todas las dimensiones (llamadas 2-2-2) y así sucesivamente. Supongamos que los sujetos se concentraban en los rasgos individuales. Por lo tanto, se esperaba que reconocieran las caras extremas —1-1-1 y 5-5-5— con mayor facilidad puesto que el nivel 1 y el nivel 5 fueron los que más se les

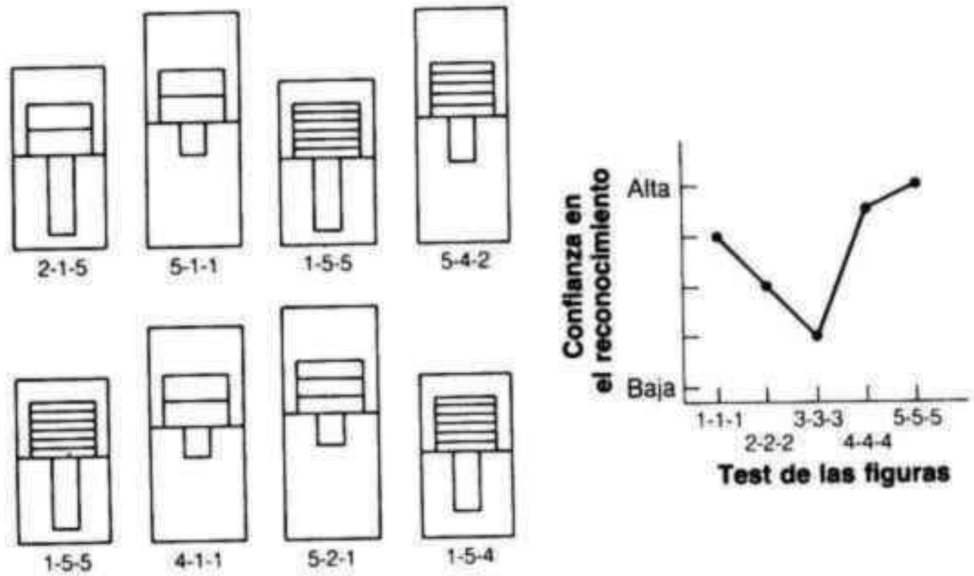
Cuadro 5-14 Inducción de reglas a partir de caras y figuras

CARAS



Nota: Los números indican edad, largo de la cara y largo de la nariz.

FIGURAS



Nota: Los números indican alto del rectángulo principal, capas del rectángulo superior, y alto de la barra en el rectángulo inferior.

Dibujos de las figuras modificados de ANDERSON (1980); los datos son de NEUMANN (1977)

presentaron. Supongamos también que los sujetos forman prototipos visuales. Entonces el sujeto promediaría los extremos para cada dimensión y puesto que hay un mismo número de nivel 1 y nivel 5 para cada dimensión, los sujetos deberían reconocer con más facilidad las caras 3-3-3. Los resultados del cuadro 5-14 muestran que los sujetos reconocían la cara prototípica 3-3-3. Sin embargo, este patrón podía ser invertido y hacer muy obvios los rasgos extremos durante el aprendizaje. Por ejemplo, si las ocho caras presentadas sólo consisten en rasgos de nivel 1 o nivel 5 entonces los sujetos tendrían mayor facilidad para reconocer las caras 1-1-1 y 5-5-5 en el test. Pero si se les dice explícitamente a los sujetos cuáles son las dimensiones, tienden a reconocer mejor los rasgos extremos en el test.

En otro experimento, NEUMANN (1977) utilizó figuras rectangulares en lugar de caras. Cada figura consistía en un rectángulo de 100 milímetros de ancho que variaba según tres dimensiones. Primero el rectángulo tipo variaba en altura de 200 a 300 mm, en cinco niveles (por ejemplo, nivel 1 es de 200 mm de alto y nivel 5 es de 300 mm de alto). Cada rectángulo fue dividido en dos partes iguales por una línea horizontal. Por encima de la línea horizontal central había un rectángulo dividido en 2, 3, 4, 5 o 6 capas. Debajo de la línea central había otro rectángulo pequeño que variaba su altura en 5 niveles desde 37,5 (nivel 1) hasta 87,5 (nivel 5) milímetros. En el cuadro 5-14 se dan ejemplos de algunas de estas figuras. Las figuras llevan un rótulo que indica con el primer número la altura general, con el segundo el número de capas del rectángulo superior, y con el tercero la altura del rectángulo por debajo de la línea central. Igual que en el experimento de las caras, se presentaban a cada sujeto ocho figuras, con niveles extremos en cada dimensión (nivel 1 o 5), tres veces cada uno, y sólo una vez los niveles intermedios (2 y 4).

En un test de reconocimiento posterior, los sujetos obtenían un gran acierto al mirar las figuras extremas —1-1-1 o 5-5-5—. A diferencia del experimento de las caras no había evidencia de que los sujetos promediaran los extremos para formar un prototipo. En cambio, los sujetos parecían centrarse en el hecho de que el nivel 1 y el nivel 5 aparecían con mayor frecuencia para cada dimensión. Sin embargo, una explicación alternativa es que los sujetos formaron dos prototipos, recordando que el rectángulo podía ser muy largo o muy corto, por ejemplo.

Los experimentos de Neumann son interesantes porque muestran que las personas pueden utilizar diferentes estrategias para la inducción de reglas en diferentes situaciones. Aparentemente, los factores situacionales pueden tener influencia ya sea que se promedien los rasgos para formar un prototipo o que nos concentremos en los rasgos distintivos.

Aprendizaje de un patrón serial

Considérense los problemas del cuadro 5-15. Aquí se le da al sujeto una serie de letras y debe adivinar por inducción cuál debería ser la letra siguiente. SIMON y KOTOVSKY (1963) descubrieron que la regla que el sujeto debe hallar consta de cuatro ingredientes principales:

Cuadro 5-15 Tarea de compleción de series de letras

1. atbataatbat ____
2. aaabbbcccdd ____
3. wxaxybyzczadab ____
4. urtustuttu ____

De Simon y Kotovsky (1963). © 1963 American Psychological Association. Reproducido con permiso del autor.

Ciclo — El sujeto debe determinar cuántas letras forman un ciclo; por ejemplo, en cada uno de los problemas citados el ciclo es de tres: (atb/ata/atb/at-) (aaa/bbb/ccc/dd-) (wxa/xyb/yzc/zad/ab-) (urt/ust/utt/u-).

Inicialización — El sujeto debe tomar nota de cada una de las letras del primer ciclo; por ejemplo, en el primer problema, la letra 1 es a, la 2 es t y la 3 es b.

Alfabeto — El sujeto debe determinar cuáles son las letras posibles que pueden presentarse para cada espacio en el ciclo; por ejemplo, en el primer problema los dos primeros espacios de cada ciclo son fijos y el tercero es entre a o b; sin embargo, en el cuarto problema la primera y tercera posiciones son fijas pero la segunda puede ser cualquier letra del alfabeto.

Interacción de secuencias — El sujeto debe determinar qué operación es realizada en cada letra cuando ocurre un nuevo ciclo; por ejemplo, en el primer problema la letra 1 es la misma, la letra 2 es la misma, la letra 3 se cambia por la letra siguiente en el alfabeto (sólo a y b aparecen en los ciclos de modo que esta secuencia va de a a b y de b a a).

Las reglas de cada secuencia pueden representarse como un programa a seguir. Por ejemplo, la secuencia del cuarto problema puede representarse en una lista como:

Escriba la letra L1.
Escriba la letra L2.
Añada una letra a L2.
Escriba L3.
Vuelva al primer paso.

Todo lo que los sujetos necesitan saber es que el sistema comienza con L1 = u, L2 = r, L3 = t.

Simon y Kotovsky decubrieron que las reglas que requieren descripciones largas (como los programas largos para computadoras) eran más difíciles tanto para los humanos como para las computadoras y que las reglas que planteaban grandes exigencias a la memoria inmediata, como la del tercer problema, eran especialmente difíciles. Más recientemente, Kotovsky y Simon (1973) han efectuado una revisión al modelo basado en el análisis de las estrategias específicas utilizadas individualmente por sujetos. Estos modelos pueden ser ahora utilizados para describir el rendimiento de los individuos.

¿Cómo eligen los sujetos las reglas que prueban en las situaciones complejas? Hay alguna evidencia de que cuando las personas se ven enfrentadas a un problema de patrón serial tienden a confiar en la regla más obvia o más simple basada en sus experiencias pasadas, y no cambiarán esa regla por otra más compleja a menos que la primera fracase. Por ejemplo, Pollio y Reinhart (1970) presentaron a sus sujetos tarjetas con números una por vez y pidieron a sus sujetos que anticiparan qué número habría en cada tarjeta. Las tarjetas fueron ordenadas según base 2, base 3 o base 4 tales como 0, 1, 10, 11, 100, 101, 111, 1000, etcétera (base 2)[2]. Los resultados indican que los sujetos tuvieron las mayores dificultades con base 2 (301 errores en el aprendizaje), luego con base 3 (143 errores en el aprendizaje), y por último con base 4 (91 errores). La mayor parte de los errores se producían en el punto de desvío a una unidad de base superior (por ejemplo, con base 2 el sujeto decía 3 en lugar de 10, o 12 en lugar de 100). Al principio se producía por lo general una larga pausa *después* de cada cambio de base (por ejemplo de 1 a 10, de 11 a 100, de 111 a 1000) pero después de un poco de práctica se producía una larga pausa *antes* del cambio, sugiriendo que el sujeto se daba cuenta de que algo diferente sucedía en los cambios de base. Pollio y Reinhart concluyeron que estos sujetos inicialmente suponían que se estaba usando una base 10 (basándose en su experiencia pasada exitosa), pero después de cometer varios errores descubrían la regla correcta para la solución. Lo que sugería que los sujetos habían aprendido una *regla* y no un conjunto de respuestas independientes era el hecho de que podían sumar y restar en base 2, base 3 y base 4 y podían aprender con relativa facilidad sistemas con bases nuevas.

Cuando se presenta a los sujetos una serie de símbolos —como secuencias de números— puede estar implícita más de una regla. Bjork (1968) construyó secuencias numéricas basadas en tres reglas separadas, como se ve en el cuadro 5-16. La secuencia dada aquí, 042153264375, estaba basada en las subreglas «suma 4», «resta 2» y «resta 1» en cada conjunto de tres números. Los sujetos veían los números en orden, uno por vez, y se les pedía que anticiparan el número siguiente. Se continuaba la misma secuencia hasta que anticipaban correctamente los números 5 veces seguidas hasta un máximo total de 25 en-

2. Los primeros números de base 3 eran 0, 1, 2, 10, 11, 12, 20, 21, 22, 100, y de base 4 eran 0, 1, 2, 3, 10, 11, 12, 13, 20, 21, 22, 23, 30, etcétera.

Cuadro 5-16 Reglas complejas para el aprendizaje de un patrón serial

Posición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Subregla 1	+4			+4			+4			+4		
Subregla 2		−2			−2			−2			−2	
Subregla 3			−1			−1			−1			−1
Secuencia	4	2	1	5	3	2	6	4	3	7	5	...

Basado en BJORK (1968)

sayos. Los resultados generales fueron que la proporción de números correctamente anticipados aumentaba gradualmente con el número de ensayos; sin embargo, Bjork descubrió que si se concentraba en una regla por vez (como en los ensayos 1, 4, 7, 10, 13, etcétera), el aprendizaje no era gradual sino que más bien saltaba en una forma todo-o-nada, desde un nivel muy bajo en un ensayo a un nivel muy alto en el siguiente y allí se mantenía. Así que si bien el aprendizaje general de la secuencia parecía ser muy complejo, un análisis más cuidadoso de las subreglas indicaba un proceso ordenado de todo-o-nada.

RESTLE (1970) investigó posteriormente cómo un conjunto complejo de reglas es inducido por sujetos que resuelven problemas de patrones seriales construidos con números del 1 al 6. Restle diseñó patrones seriales basados en *árboles estructurales*, como el diagrama del cuadro 5-17. Los árboles estructurales representan una jerarquía de reglas, como por ejemplo:

Reflejar (M) — Restar de 7 cada uno de los números de la hilera anterior de dígitos (cambiar 1234 a 6543).

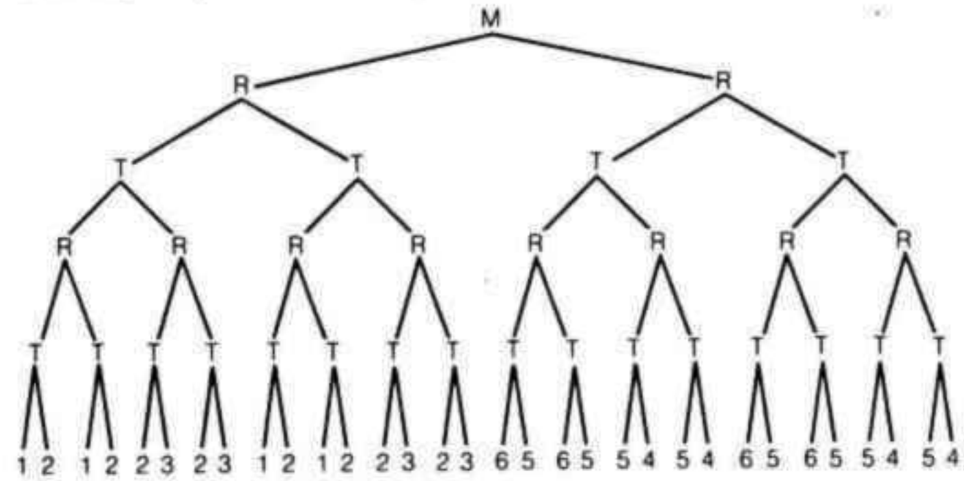
Trasponer (T) — Incrementar los números de la hilera anterior en 1 (cambiar 1234 por 2345)

Repetir (R) — Reproducir los números de la hilera anterior (1234 queda 1234).

Los sujetos de Restle estaban sentados ante un conjunto de seis luces con un botón para responder debajo de cada luz. Cuando se encendía una luz, el sujeto tenía que predecir cuál sería la siguiente apretando un botón, luego aparecía la luz siguiente y así sucesivamente. Aunque las secuencias estaban basadas en una jerarquía de reglas como las del cuadro 5-17, los sujetos no conocían las reglas y sólo veían una secuencia de estímulos. Investigando el tipo de errores en las 20 primeras repeticiones de la secuencia, Restle descubrió que los sujetos tendían a aprender las reglas en orden, comenzando con el nivel más bajo y siguiendo hasta el más complejo. Por ejemplo, la secuencia 121223231212232365655454656445 45 está formada por la jerarquía de reglas

Cuadro 5-17 Arboles estructurales para el aprendizaje de patrones seriales

M significa restar el número 7, R significa repetir el número, T significa sumar 1 número. Para leer: comenzar en la primera posición izquierda en la secuencia (1), ir a la regla más baja aplicable (T) y aplicar (2 para la posición 2); luego usar la siguiente regla más baja (R) para alcanzar 12 para las posiciones 3 y 4; continuar, siempre utilizando la regla más baja aplicable.



Adaptado de RESTLE (1970). ©American Psychological Association. Reproducido con permiso del autor.

que aparecen en el cuadro 5-17. La regla de nivel más alto era M —la mayoría de los errores aparecieron en los seis primeros de la posición 17 de la secuencia— y la regla más fácil fue la más baja T: los sujetos cometían menos errores en las posiciones regularmente numeradas. El análisis de los errores de las primeras 20 repeticiones de la secuencia reveló un promedio de 50 % de aciertos en la regla superior, 55 % para la siguiente, 65 % para la tercera siguiendo hacia abajo, el 80 % para la cuarta y el 85 % para la más baja. Otros patrones basados en una jerarquía de reglas de cinco niveles produjeron resultados similares. Aparentemente, cuando deben inducirse muchas reglas, los sujetos trabajan en el nivel más bajo y obvio primero y luego van construyendo los más complejos.

El lector habrá observado que las tareas de compleción de series, como las que se ven en esta sección, con frecuencia se encuentran en los tests de inteligencia. Los problemas de analogía son otro tipo de tarea de los tests de inteligencia que requiere inducir una regla. Por ejemplo, el lector puede encontrar una analogía como la siguiente:

AUTOMOVIL:ACEITE: :ARBOL: 1) FLOR, 2) AGUA, 3) OLMO.

El rendimiento humano en analogías tanto verbales como gráficas ha sido sometido a un estudio extensivo (RUMELHART y ABRAHAMSON, 1973; STERNBERG, 1977, EVANS, 1968) que será presentado en el capítulo 12.

Juzgar la frecuencia y la probabilidad

En la vida cotidiana el lector con frecuencia debe establecer juicios basándose en su experiencia pasada. ¿Qué probabilidad hay de que el autobús llegue tarde? ¿Cuántas veces tendré que ir al médico el año que viene? ¿Qué posibilidades tengo de que se estrelle mi avión? Cuando respondemos a preguntas de este tipo debemos basar nuestras respuestas en la experiencia previa con la probabilidad de que se produzcan algunos acontecimientos.

Frecuencia

TVERSKY y KAHNEMAN (1974) aportaron muchos ejemplos de los errores que cometen las personas cuando intentan hacer predicciones basándose en la experiencia pasada. Por ejemplo, suponga el lector que yo le pidiera que piense en todas las palabras que ha leído o escuchado. Basándose en su experiencia, conteste a la siguiente pregunta: Considere la letra *r*. ¿Es más probable que aparezca en la primera posición de una palabra o en la tercera? Cuando Tversky y Kahneman plantearon esta pregunta a un gran número de sujetos, la gran mayoría de las personas contestaron que las letras como *r* (o *k* o *d*) aparecían con mayor frecuencia como la primera letra de una palabra. Sin embargo un análisis efectivo de las palabras reales muestra que estas letras aparecen más en la tercera posición.

¿Cómo llega la gente a hacer esa generalización errónea? Según TVERSKY y KAHNEMAN (1973, 1974; KAHNEMAN y TVERSKY, 1973), las palabras que comienzan con *r* son más fáciles de pensar que las palabras que tienen *r* en el tercer lugar. En resumen, las palabras que comienzan con *r* están más *disponibles*. Aparentemente, las personas hacen generalizaciones sobre frecuencia basándose en la *disponibilidad* de las instancias en la memoria más que en un recuento exacto de la experiencia pasada efectiva.

Para comprobar esta idea en un experimento controlado, TVERSKY y KAHNEMAN (1973) pidieron a los sujetos que leyeran una lista de 39 nombres de personas famosas. Algunas de las listas contenían nombres de 19 mujeres y 20 hombres, pero las mujeres de las listas eran más famosas que los hombres. Otras listas contenían 19 hombres y 20 mujeres, pero los hombres eran más conocidos. Luego, cuando se les preguntó a los sujetos si en la lista que habían leído eran más los hombres o las mujeres, las estimaciones de frecuencia estaban fuertemente determinadas por la fama de los nombres. Por abrumadora mayoría los sujetos declaraban que había más nombres de mujeres en la lista que contenía nombres de mujeres más famosas y lo mismo respecto de los varones famosos en las otras listas. Una vez más, igual que en el estudio anterior, las generalizaciones de las personas acerca de la frecuencia de los acontecimientos parecen estar influidas por la *disponibilidad* de los ítems; puesto que los nombres famosos eran más fáciles de recordar, parecía que había más.

Como último ejemplo de la manera en que la disponibilidad influye en los juicios sobre frecuencia, consideremos lo que TVERSKY y KAHNEMAN (1974) llaman «correlación ilusoria»: la generalización de que dos acontecimientos se producen conjuntamente con más frecuencia de la que lo hacen en realidad. Por ejemplo, CHAPMAN y CHAPMAN (1967, 1969) pidieron a los sujetos que leyeran diagnósticos de enfermos mentales; se mostraba a los sujetos una foto de cada paciente. Luego se pidió a los sujetos que calcularan con cuánta frecuencia determinados diagnósticos coincidían con determinadas características de las fotos. Los sujetos tendían a sobrestimar la aparición relacionada de hechos sobresalientes, como la suspicacia en determinado tipo de ojos. Incluso cuando éstos se presentaban en evidencia contradictoria, los sujetos no tenían una buena disposición a revisar sus juicios. Aparentemente, la expectación de una correlación entre dos atributos era tan fuerte que las personas subestimaban en gran medida la frecuencia con que aparecían justamente en una situación dada. Una vez más la asociación era altamente *disponible* y por tanto influyó en los juicios de los sujetos acerca de la frecuencia de la concomitancia.

Probabilidad

TVERSKY y KAHNEMAN (1974; KAHNEMAN y TVERSKY, 1973) también resumen los errores que comete la gente respecto de la predicción de probabilidades. Por ejemplo, ¿puede el lector estar más seguro de su inferencia si a ésta la basa en muchas instancias que si la basa sólo en un escaso número de instancias? Considere el siguiente problema:

> En una ciudad prestan servicio dos hospitales. En el hospital más grande nacen diariamente 45 niños y en el más pequeño nacen diariamente 15 niños. Como se sabe, el 50 % de todos los recién nacidos son varones. Sin embargo, el porcentaje exacto varía de día en día. Algunas veces puede pasar del 50 %, otras veces puede bajar. Durante un período de un año, cada hospital registró los días en que más del 60 % de los recién nacidos eran varones. ¿Cuál cree el lector que fue el hospital que registró más de esos días: 1) el más grande, 2) el más pequeño, o 3) indistintamente (es decir, dentro del 5 % uno u otro)?

Cuando se pidió a los estudiantes secundarios que contestaran a esta pregunta, el 22 % eligió la primera respuesta, el 22 % la segunda respuesta y el

56 % la tercera. No parecían hacer ninguna compensación por la diferencia de tamaño de la muestra. Pensaban que un acontecimiento extremo —como que los niños constituyeran el 60 % de los nacimientos— era tan probable en un hospital grande como en uno pequeño. Sin embargo, en realidad, es mucho más probable que un extremo se produzca en una muestra pequeña, puesto que hay menos casos para promediar. Aparentemente, las personas con frecuencia tienen dificultades en tener en cuenta el tamaño de la muestra para hacer una inferencia.

Otro ejemplo es el problema de la urna:

> Imagine una urna llena de pelotas, dos tercios de un color y un tercio de otro. Una persona ha sacado 5 pelotas de la urna, y ve que 4 son rojas y 1 es blanca. Otro individuo ha sacado 20 pelotas y ve que 12 son rojas y 8 son blancas. ¿Cuál de esas personas deberá estar más segura de que la urna contiene dos veces más pelotas rojas que blancas y no la idea opuesta? ¿Qué explicaciones dará cada individuo?

La mayoría de los sujetos de Tversky y Kahneman pensaron que sacar 4 pelotas sobre 5 era una evidencia mucho mayor que sacar 12 bolas rojas de 20. Sin embargo, las probabilidades favorecen la última como mejor evidencia. Estos resultados sugieren que las personas tienen dificultades para tomar en cuenta el tamaño de la muestra cuando hacen una inferencia. Las personas ignoran el hecho de que se puede estar más seguro de una generalización si está basada en una cantidad mayor de experiencias pasadas.

Como último ejemplo de los errores en la predicción de probabilidades, consideremos lo que podría llamarse «la falacia del jugador», la idea de que una sucesión pasada de acontecimientos probablemente se invertirá. Por ejemplo, digamos que el lector pone una moneda en la máquina tragaperras y que gana cinco veces seguidas. ¿Cuál piensa que será el resultado siguiente? La mayoría de las personas piensan que lo más probable es que pierda. En realidad, por supuesto, en cada moneda que se echa hay 50 % de posibilidades de ganar o perder, a despecho de los resultados anteriores. Sin embargo, TVERSKY y KAHNEMAN (1974) informaron que los sujetos piensan que algunas secuencias como G P G P G P tienen más probabilidades de producirse que otras como G G G G G P. ¿Por qué piensan las personas que una serie larga es improbable? Una explicación posible es lo que Tversky y Kahneman llaman *similaridad*: la idea de que modelos como G P G P G P son similares a modelos típicos con los cuales los sujetos están familiarizados mientras que las hileras largas no se asemejan a muchas experiencias pasadas.

El trabajo de TVERSKY y KAHNEMAN (1973, 1974; KAHNEMAN y TVERSKY, 1973) muestra que las personas no hacen generalizaciones como lo enseña la estadística o la lógica. Cuando hacemos inferencias sobre acontecimientos en el mundo real, basadas en nuestra experiencia, no nos comportamos como estadísticos. En realidad parece que estamos fuertemente influidos por los rasgos salientes que permanecen en nuestra memoria y somos gobernados por los extremos, incluso cuando el tamaño de la muestra es pequeño. Recientemente, COHEN (1979, 1980; KAHNEMAN y TVERSKY, 1979) ha reinterpretado muchos de los hallazgos de Tversky y Kahneman. Por ejemplo, Cohen sostiene que aunque los sujetos puedan no comportarse de acuerdo con teorías matemáticas, su comportamiento es consistente con otras teorías de lógica. En todo caso, el trabajo realizado por Tversky y Kahneman ayudó a ampliar la investigación del razonamiento deductivo en relación con los problemas del mundo real.

Evaluación

La tarea de aprendizaje de conceptos y de inducción de reglas ha constituido un paradigma (o método) fundamental en el estudio del pensamiento humano. La ventaja de concentrarse en una tarea y un método sobre el que se está de acuerdo es que los investigadores han podido reunir una cantidad considerable de información detallada y concienzuda sobre el pensamiento humano respecto del aprendizaje de conceptos. Una desventaja, sin embargo, es que la tarea de aprendizaje de conceptos es sólo un tipo de situación de resolución de problemas. No queda claro hasta qué punto se puede generalizar a partir de los estudios en laboratorio sobre el aprendizaje de conceptos respecto del espectro total del pensamiento humano. Un segundo problema concierne al descubrimiento de que los sujetos tienden a utilizar reglas y estrategias en la resolución de problemas; en la tarea de aprendizaje de conceptos, las reglas y la estructura son impuestos por el experimentador (por ejemplo, al definir el rojo como positivo, o haciendo un árbol estructural) y por tanto no es totalmente sorprendente que los sujetos muestren algunos efectos de las reglas y estructuras introducidas por el experimentador. En las tareas de resolución de problemas menos estructurados puede observarse un conjunto totalmente distinto de estrategias. Por último, existe el problema de las diferencias individuales por las cuales personas diferentes pueden mostrar diferentes procesos de razonamiento en la tarea de aprendizaje de conceptos. Los Kendler han demostrado que los niños preverbales no comparten las estrategias de los alumnos de escuela secundaria y de los adultos, pero es necesaria una investigación posterior para determinar si el tipo de actuación de los estudiantes secundarios (que son típicamente los sujetos en los experimentos de aprendizaje de conceptos) es representativo de todos los sujetos adultos.

El trabajo sobre la inducción de conceptos atravesó tres etapas diferentes. Los primeros estudios anteriores a 1950 estaban preocupados fundamentalmente en cómo los animales aprendían en las tareas de discriminación (véase LEVINE, 1975). Luego, durante los años 1950.y 1960, los paradigmas de apren-

dizaje de conceptos diseñados para animales fueron adaptados para humanos. Los resultados indicaron que la teoría de la continuidad era adecuada para describir el aprendizaje animal pero no adecuada para describir cómo inducen las reglas los seres humanos. Recientemente la atención se trasladó a la formación de reglas y conceptos en situaciones comunes, como las categorías visuales y los juicios de probabilidad. Esta línea de investigación que incluye la estructura de las «categorías naturales» se continúa en el capítulo 10.

Lecturas recomendadas

BOURNE, L. E., Jr.: *Human conceptual behavior.* Boston, Allyn & Bacon, 1966. Describe la investigación sobre el aprendizaje de conceptos.

BOURNE, L. E. Jr., EKSTRAND, B. R. y DOMINOWSKI, R. L.: *The psychology of thinking.* Englewood Cliffs, N. J. Prentice-Hall, 1971. Los capítulos 9, 10, 11 y 12 constituyen una excelente revisión de la investigación y la teoría actuales sobre el aprendizaje de conceptos.

BRUNER, J. S., GOODNOW, J. J. y AUSTIN, G. A.: *A study of thinking.* Nueva York, Wiley, 1956. Describe un conjunto clásico de experimentos sobre aprendizaje de conceptos.

DUNCAN, C. P.: *Thinking: Current experimental studies.* Filadelfia, Lippincott, 1967. Los artículos de Bower y Trabasso, Levine, Laughlin y Hovland y Weiss constituyen una buena revisión de las teorías y la investigación sobre aprendizaje de conceptos.

JOHNSON, D. M.: *A systematic introduction to the psychology of thinking.* Nueva York, Harper & Row, 1972. Los capítulos 2 y 3 son una revisión detallada del trabajo experimental reciente.

TVERSKY, A. y KAHNEMAN, D.: «Judgment under uncertainty: heuristics and biases» *Science*, 1974, *125*, 1124-1131. Resumen la investigación sobre los errores en la elaboración de hipótesis.

6 El razonamiento deductivo: El pensamiento como deducción de conclusiones lógicas

Definición del pensamiento como razonamiento deductivo
Razonamiento categórico
Teorías del razonamiento categórico
Razonamiento condicional
Razonamiento lineal

Silogismos

Considere el lector los tres problemas del cuadro 6-1 y luego escoja la conclusión que lógicamente sucede a cada uno.

Si el lector piensa como la mayoría de las personas —o al menos como la mayoría de los que participaron en los experimentos psicológicos— el problema 1 le parecerá probablemente el más sencillo (respuesta: A). Sin embargo los problemas 2 y 3 generan tasas mucho más elevadas de error: 75 % de errores en el problema 2, en el que la mayoría de los errores provenían de que los sujetos escogían C en lugar de E, y 90 % de errores en el problema 3, fundamentalmente debidos a que elegían D en lugar de E.

Aunque estos resultados (basados en datos de STRATTON, 1967, y divulgados por JOHNSON, 1972) no sugieren que las personas son estúpidas; sí indican que la lógica formal y la lógica individual mental o psíquica no son lo mismo.

Ahora pruebe el lector con los silogismos del cuadro 6-2 e indique qué conclusión lógica se deduce para cada uno.

Si el lector es como la mayoría de los sujetos de LEFFORD (1946), habrá tenido mucha mayor dificultad en responder Sí al problema 1 que al problema 3 y mucha más dificultad en responder No al problema 2 que al problema 4. Si bien los problemas 1 y 3 tienen las mismas características formales y la misma extensión (todos los A son B, todos los B son C, luego todos

Cuadro 6-1 Silogismos simples

Escoja la conclusión que le parezca correcta.

1. Todos los S son M
   Todos los M son P
   Por lo tanto.
   A. Todos los S son P
   B. Todos los S no son P
   C. Algunos S son P
   D. Algunos S no son P
   E. Ninguna de estas conclusiones es válida

2. Como los adelantos tecnológicos y las reservas de petróleo natural están agotados, la búsqueda de fuentes no convencionales de petróleo se ha vuelto imperativa. Una de estas fuentes son los depósitos de turba de Athabasca, en Alberta del Norte, Canadá. Puesto que algunos depósitos de turba constituyen fuentes de hidrocarburos refinables, vale la pena hacer una investigación comercial de estos depósitos. Algunos depósitos de kerogeno son también fuentes de hidrocarburos refinables. Por tanto:
   A. Todos los depósitos de kerogeno son depósitos de turba.
   B. Ningún depósito de kerogeno es depósito de turba.
   C. Algunos depósitos de kerogeno son depósitos de turba.
   D. Algunos depósitos de kerogeno no son depósitos de turba.
   E. Ninguna de estas conclusiones es válida.

3. Las delicadas Glorias de Argentina, que sólo se abren con el frío, son todas Sasoideas. Algunas de las igualmente delicadas Fragilas, que sólo se encuentran en las zonas húmedas, no son Glorias. ¿Qué puede deducir de estas afirmaciones?
   A. Todas las Fragilas son Sasoideas.
   B. Ninguna Fragila es Sasoidea.
   C. Algunas Fragilas son Sasoideas.
   D. Algunas Fragilas no son Sasoideas.
   E. Ninguna de las anteriores.

Adaptado de STRATTON (1967)

los A son C) y el 2 y el 4 tienen las mismas características formales y la misma extensión (todos los A son B, todos los C son B, luego todos los C son A) los problemas 1 y 2 son mucho más difíciles. Aparentemente el razonamiento humano o la lógica mental está influida no sólo por la forma que presenta el argumento sino también por la deseabilidad o concordancia con la conclusión del mismo.

* * *

Silogismos como los que hemos presentado requieren un pensamiento deductivo: deducir o derivar una conclusión a partir de las premisas dadas. Esto

Cuadro 6-2 Conclusiones cuestionables

¿Se deriva la conclusión lógicamente de las premisas?

1. Los tiempos de guerra son tiempos prósperos, y la prosperidad es altamente deseable. Por lo tanto, las guerras son muy deseables.

2. Todos los comunistas tienen ideas radicales y todos los dirigentes de los sindicatos tienen ideas radicales, por lo tanto todos los dirigentes de los sindicatos son agentes de los comunistas.

3. Todos los filósofos son seres humanos, y los seres humanos pueden equivocarse, por lo tanto, todos los filósofos pueden equivocarse.

4. Todas las ballenas viven en el agua y todos los peces viven en el agua, por tanto todos los peces deben ser ballenas.

Adaptado de LEFFORD (1946)

contrasta con el pensamiento inductivo, tratado en el capítulo 5, que requiere inducir o formular o extrapolar una regla basándose en una información limitada. En el pensamiento deductivo, las proposiciones o reglas están dadas y el que piensa utiliza esta información dada para derivar a una conclusión que puede probarse como correcta. Las pruebas matemáticas, por ejemplo, son deductivas. El pensamiento deductivo, sin embargo, como el aprendizaje de conceptos, nunca puede producir una regla comprobable porque puede aparecer nueva información que viole la regla inducida; puesto que las reglas inducidas están basadas en un conjunto limitado de información, requieren que quien piensa vaya más allá de la información, que generalice. Puesto que los seres humanos y muchos otros tipos de animales son capaces de resolver tanto tareas de inducción como de deducción, estas tareas han recibido mucha atención por parte de la psicología. Si bien la inducción y la deducción son tareas más que teorías del pensamiento, cada una implica una concepción del pensamiento humano. En el capítulo 5 hemos investigado la idea —a partir de un examen de la inducción— de que el pensamiento implica una búsqueda constante (selección) de una regla. En este capítulo nos centraremos en una concepción —sugerida por el trabajo sobre la deducción— de que el pensamiento implica una combinación de información por medio de la utilización de un conjunto de operaciones psicológicas y matemáticas.

Definición del pensamiento como razonamiento deductivo

Si bien el razonamiento deductivo no es un enfoque teórico en el mismo

sentido que en el asociacionismo y en la teoría de la Gestalt, la deducción implica que el pensamiento consiste en la combinación de la información siguiendo operaciones mentales específicas como en la suma y la resta. Este enfoque —compatible con el enfoque de procesamiento de información— interpreta el pensamiento como un procesamiento de premisas por medio de la utilización de operadores determinados, similares pero no idénticos a los operadores lógicos formales.

William James (1890) dedicó casi todo un capítulo de su clásico libro de texto sobre psicología para describir los dos procesos fundamentales en los que consiste el razonamiento deductivo: el análisis y la abstracción. El análisis se refiere a los procesos de dividir un objeto en partes y luego sustituir una parte por el objeto, y la abstracción se refiere al hecho de subsumir una propiedad específica dentro de una regla más amplia y más general. Como ejemplo de análisis, para procesar la proposición «Sócrates es un hombre», el que piensa debe pensar en Sócrates sólo en función de una propiedad. James decía que el análisis requiere un «modo de concebir», una manera de referirse a Sócrates (como a un hombre). Como ejemplo de abstracción, el que piensa, para procesar la proposición «todos los hombres son mortales», debe subsumir a Sócrates en tanto hombre bajo el encabezamiento general de «mortalidad». Si bien la concepción de James del análisis y la abstracción no es necesariamente la mejor ni la más precisa (ésta es una cuestión realmente empírica que debe responderse por medio de una sólida experimentación), sugiere que la deducción puede ser considerada como una serie de procesos específicos o de operaciones realizadas sobre la información.

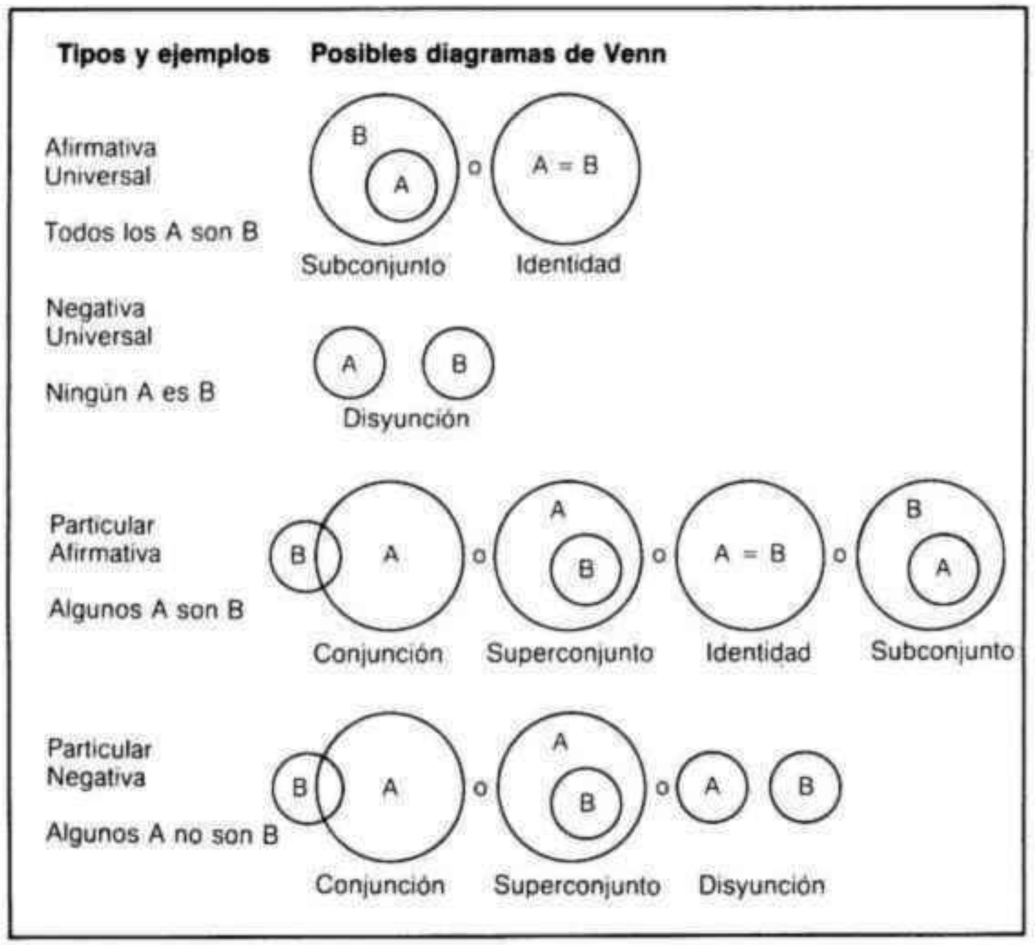
El núcleo fundamental de este enfoque es el *silogismo*, que consiste en dos premisas y una conclusión. En este capítulo consideraremos tres tipos de silogismos: 1) *silogismo categórico* como «todos los A son B, todos los B son C, luego todos los A son C»; 2) *silogismos lineales* como «A es mayor que B, B es mayor que C, por tanto A es mayor que C»; y 3) *silogismos condicionales* como «si p entonces q; p es verdadero, por tanto q es verdadero». En cada caso, el lector recibe algunas premisas que debe aceptar como verdaderas, y luego derivar una conclusión lógica. Aristóteles afirmaba que el razonamiento silogístico representaba el logro más alto en el pensamiento humano racional. Por eso muchos psicólogos se han centrado sobre el rendimiento humano en las tareas silogísticas, con la esperanza de obtener información acerca de una tarea que puede ser fundamental para la racionalidad humana.

Razonamiento categórico

Definiciones

Existen cuatro tipos de proposiciones que describen la relación entre dos conjuntos o categorías de cosas:

Cuadro 6-3 Posibles diagramas de Venn para cuatro tipos de proposiciones



Universal afirmativa (UA) como «todos los A son B».
Universal negativa (UN) como «todos los A no son B».
Particular afirmativa (PA) como «algunos A son B».
Particular negativa (PN) como «algunos A no son B».

En el cuadro 6-3 se muestran los diagramas de Venn para cada una de estas cuatro proposiciones categóricas básicas. Obsérvese que la mayor parte de las proposiciones son ambiguas: se puede generar más de un posible diagrama de Venn. Por ejemplo, la proposición afirmativa universal puede resultar si el conjunto A y el conjunto B son idénticos o si A es un subconjunto del conjunto B. De modo que «todos los A son B» no implica necesariamente «todos los B son A», pero tampoco lo excluye. Obsérvese también que «algunos» significa «al menos uno y posiblemente todos». De modo que la proposición par-

Cuadro 6-4 Forma y ejemplos de cuatro figuras

Figura 1

M-P	Todos los humanos son mortales
S-M	Todos los psicólogos son humanos
S-P	Todos los psicólogos son mortales

Figura 2

P-M	Todos los mortales son humanos
S-M	Todos los psicólogos son humanos
S-P	Todos los psicólogos son mortales*

Figura 3

M-P	Todos los humanos son mortales
M-S	Todos los humanos son psicólogos
S-P	Todos los psicólogos son mortales*

Figura 4

M-P	Todos los mortales son humanos
M-S	Todos los humanos son psicólogos
S-P	Todos los psicólogos son mortales*

* La conclusión no es válida

ticular negativa puede ser el resultado de la superposición de los conjuntos A y B, de la disyunción de A y B o de que el conjunto B sea un subconjunto del conjunto A. «Algunos A no son B» no implica necesariamente «algunos B no son A», aunque tampoco lo excluye.

Un silogismo categórico está formado por dos premisas y una conclusión y cada una de ellas puede pertenecer a uno de los cuatro tipos de las proposiciones categóricas. Por ejemplo, el silogismo siguiente:

> Todas las cosas magníficas son descabelladas.
> Todos los silogismos son magníficos.
> Luego, todos los silogismos son descabellados.

está compuesto por dos premisas universales afirmativas y una conclusión universal afirmativa. El sujeto de la conclusión («silogismo») es el término S, el predicado de la conclusión («descabellado») es el término P, y el término medio, que está en las dos premisas pero no en la conclusión («magnífico»), es el término M. La *premisa mayor* da la relación entre el predicado (P) y el término medio (M); la *premisa menor* da la relación entre sujeto (S) y el término medio (M). Existen 4 formas de organizar las premisas mayor y menor, llamadas *figuras,* como se muestra en el cuadro 6-4. Además, puesto que cualquiera de los 4 tipos de premisas puede ser la mayor y cualquiera de los 4 tipos de premisas puede ser la premisa menor, existen 16 combinaciones posibles llamadas *modos.* Cada uno de los 16 modos aparecen en cualquiera de las cuatro figuras. En consecuencia existen 64 pares posibles de premisas; sin embargo, si el lector intenta resolverlas verá que sólo 19 de ellas son válidas, es decir, sólo 19 llevan a una conclusión no ambigua. Para cada uno de los 64 pares de premisas existen 4 conclusiones posibles, alcanzando un total de 256 silogismos posibles.

Johnson-Laird y Steedman (1978) argumentaron recientemente que la conclusión de un par de premisas puede concernir la relación S-P —tal como en «todos los S son P», «algunos S son P», «algunos S no son P», o «ningún S es P»— como en la lógica tradicional resumida en el cuadro 6-4. También sugieren que la conclusión de un par de premisas puede concernir a la relación P-S —tal como en «todos los P son S», «algunos P son no S», «ningún P es S»—. Utilizando este enfoque existen 512 silogismos posibles: 64 pares de premisas con 4 conclusiones S-P posibles y cuatro soluciones posibles P-S para cada una de ellas. Si asumimos que cada uno de los 64 pares posibles de premisas tiene 8 conclusiones posibles, entonces Johnson-Laird y Steedman son capaces de ubicar 27 silogismos válidos.

Errores lógicos

El cuadro 6-5 da la forma de tres tipos de silogismos categóricos y un ejemplo de cada uno de ellos. El silogismo 1 es un silogismo razonablemente simple y la conclusión sigue a las premisas; sin embargo, utilizando premisas o conclusiones que violan las creencias del sujeto, sus actitudes o expectativas, es más difícil sacar conclusiones precisas en esta y en todas las formas de silogismo. Los silogismos 2 y 3 se presentan bajo formas más difíciles, y las conclusiones no siguen necesariamente a las premisas. Cada uno de estos silogismos es particularmente susceptible de uno de los tres errores predecibles en lógica:

> *Errores de contenido*, en los cuales (como en el primer silogismo) la verdad o deseabilidad de las premisas o conclusiones influyen en las deducciones del sujeto sin tener en cuenta las consecuencias lógicas.
>
> *Errores de distribución del término medio,* en los cuales (como en el segundo silogismo) los sujetos pueden sobregeneralizar el alcance del término medio.

Cuadro 6-5 Tres tipos de errores lógicos

Errores de contenido

Toda forma de recreación que constituye una amenaza grave para la salud será puesta fuera de la ley por las autoridades sanitarias de la ciudad. La creciente contaminación de las aguas en esta zona hará que bañarse en las playas locales se convierta en una grave amenaza para la salud. Bañarse en las playas locales será puesto fuera de la ley por las autoridades sanitarias.

Contenido: solución indeseable

De McGuire (1960)

Errores de término medio sin distribuir

Los valones bailan la polca. Mi valioso contrincante también baila la polca. Por tanto es obvio que mi valioso contrincante es valón.

Forma: Todos los A son B. Todos los C son B. Por tanto todos los C son A.

Errores de las premisas particulares

Algunos republicanos han heredado pozos de petróleo. Algunos valones son republicanos. Por tanto sabemos que algunos valones han heredado pozos de petróleo.

Forma: Algunos A son B. Algunos C son A. Por tanto algunos C son B.

De Wilkins (1928)

Errores de las premisas particulares, en los cuales (como en el tercer silogismo) los sujetos pueden extender el alcance de «algunos» al significado de «todos».

Los errores debidos a la forma —los dos últimos tipos— y al contenido pueden confundirse en cualquier situación, aumentando así la tendencia al error. Puesto que estos tipos de error son bastante comunes, gozan de un valor práctico para publicistas y otros que desean afectar la opinión pública. Sin embargo, también tienen un interés teórico porque sugiere que la lógica formal y la lógica humana no son las mismas y por tanto estos errores reciben mucha atención por parte de los investigadores.

Errores de contenido

Para estudiar los errores de contenido, Janis y Frick (1943) presentaron

los silogismos como párrafos cortos y preguntaron a los sujetos si estaban o no de acuerdo con la conclusión y si la conclusión era o no válida basándose en las premisas. Como se esperaba, se produjeron un gran número de errores, mostrando una fuerte tendencia en los sujetos a juzgar como válidas las conclusiones con las que estaban de acuerdo y como no válidas aquellas con las que no estaban de acuerdo. Una explicación de estos efectos de contenido es que el silogismo deductivo no sucede en el vacío, sino más bien que es asimilado o encajado en una estructura cognitiva general del que resuelve el problema. La *consistencia cognitiva* —la tendencia a que la información en la memoria de una persona sea consistente— puede desempeñar un papel en la deducción.

Los cuatro silogismos utilizados por Lefford (1946) produjeron resultados similares con más cantidad de errores en las conclusiones con alto contenido emocional que en las menos importantes, aun cuando la forma lógica fuera idéntica. Utilizando un enfoque diferente, Parrott (1969, citado en Johnson, 1972) presentó tres tipos de silogismos que eran idénticos en su forma lógica pero estaban construidos de forma distinta. Un tipo usaba los símbolos X, Y y Z en las premisas, el segundo contenía premisas que eran verdaderas (acordes con la experiencia pasada del sujeto) y el tercero tenía premisas que eran falsas (no acordes con la experiencia pasada del sujeto). Aunque las instrucciones dejaban claro que el sujeto debía juzgar la validez de las conclusiones asumiendo que las premisas eran verdaderas, hubo grandes diferencias en los resultados. El tiempo de razonamiento en segundos fue: 21,9 para los símbolos, 24,2 para las premisas verdaderas y 29,4 para las premisas falsas. Aparentemente, los silogismos libres de contenido permitían a los sujetos razonar lógicamente sobre un silogismo independiente y sentirse menos influidos por la necesidad de consistencia con respecto de otra información de sus memorias.

En un experimento sobre los efectos del contenido, McGuire (1960) pidió a un grupo de sujetos que valorase una lista de proposiciones en función de la probabilidad y del deseo de que ocurrieran. Dentro de la lista había componentes de varios silogismos con premisas y conclusiones separadas por otras proposiciones. Si los sujetos eran totalmente racionales (pensaban lógicamente), la probabilidad de una conclusión debía ser igual a la probabilidad de la premisa 1, por la probabilidad de la premisa 2. Si los sujetos eran totalmente irracionales (y caían en el pensamiento en base a sus deseos), debía darse una alta correlación entre el deseo y la probabilidad: los sujetos considerarían las conclusiones altamente deseables como altamente probables a despecho de las premisas. Como era de esperar, McGuire se encontró tanto ante el pensamiento lógico como ante el pensamiento en base a los deseos con una correlación de 0,48 entre las probabilidades juzgadas de las conclusiones y los productos de las probabilidades de las premisas, y una correlación de 0,40 entre las probabilidades calculadas de los acontecimientos y las probabilidades calculadas

de ocurrencia.[1] Estos resultados indican que el razonamiento deductivo implica más que las tres proposiciones del silogismo, y que los sujetos tratan de hacer concordar las proposiciones dentro de su estructura cognitiva existente o conocimiento. Las premisas o conclusiones inconsistentes o indeseables suelen ser consideradas de forma que puede violar las reglas de la lógica respecto de un silogismo particular a cambio de preservar la consistencia cognitiva de una gran masa de conocimientos y creencias preexistentes.

Errores de forma

Los dos principales errores debidos a la forma lógica —la falacia del término medio sin distribuir y la falacia debida a las premisas particulares— también han sido explicados en función de los mecanismos psicológicos subyacentes. Woodworth y Sells (1935) y Sells (1936) sugirieron que estos errores resultaban de un *efecto de atmósfera*, en el cual la forma de las dos premisas creaba una atmósfera favorable a la aceptación de conclusiones de determinadas formas. Por ejemplo, dos premisas universales afirmativas crean una atmósfera para la aceptación de una conclusión universal afirmativa, o dos premisas negativas particulares llevan a una conclusión negativa particular. Además, cualquier premisa negativa crea una atmósfera negativa y cualquier premisa particular crea una atmósfera particular. Las predicciones basadas en la teoría del efecto de atmósfera han resultado bastante exactas (Sells, 1936; Morgan y Morton, 1944).

Begg y Denny (1969, pág. 351) volvieron a establecer la teoría de la atmósfera como dos principios: «Toda vez que la cualidad de al menos una de las premisas es negativa, la cualidad de la conclusión más frecuentemente aceptada será negativa; cuando ninguna de las dos premisas es negativa, la conclusión será afirmativa. Toda vez que la cantidad de al menos una premisa es particular, la cantidad de la conclusión más frecuentemente aceptada será particular; cuando ninguna de las dos premisas es particular, la conclusión será universal». Basándose en un análisis de los errores en el razonamiento silogístico, llegaron a la conclusión de que la teoría de la atmósfera era lo mejor para predecir resultados.

El procesamiento de la información alentó la reformulación de antiguas teorías y el desarrollo de teorías nuevas en base a la operación de modelos específicos de los procesos de razonamiento en diversas tareas. Estos modelos pueden ser representados como programas de computadoras, como ecuaciones matemáticas, o como diagramas de flujo. Por ejemplo, en el cuadro 6-6 se muestra un diagrama de flujo de los procesos implicados en el razonamiento

1. Correlaciones tales como 0,40 y 0,48 indican una moderada pero positiva relación entre las variables.

silogístico basado en una reformulación de la idea del efecto de atmósfera (Revlis, 1975).

En el primer estadio del modelo, el sujeto extrae dos características de la información de cada premisa: si la premisa es *universal* (todos los A son B), o *particular* (algunos A son B), o si la premisa es *afirmativa* (son) o *negativa* (no son). En el estadio 2, el sujeto determina las dos mismas características del compuesto de dos premisas basándose en dos reglas: 1) si las dos premisas son universales, el compuesto es universal; si una o ambas son particulares, entonces el compuesto es particular; 2) si ambas premisas son afirmativas, el compuesto es afirmativo; si una o dos son negativas, el compuesto es negativo. El sujeto entonces extrae las dos características de la conclusión (estadio 3). Finalmente, en el estadio 4, el sujeto compara las dos características de la conclusión con las dos características del compuesto y responde Sí si combinan y No si no combinan.

La ventaja de especificar el efecto de atmósfera como modelo específico de estadios y reglas de procesamiento de información es que aporta predicciones claras que pueden ser comprobadas; como Revlis observa: «El modelo es lo suficientemente detallado como para hacer predicciones respecto de las soluciones de todo silogismo». Por ejemplo, el modelo predice que los sujetos nunca responderán que no puede extraerse ninguna conclusión válida incluso si muchas premisas fueran no válidas, por ejemplo, «todos los P son M», «algunos M son S». Además, de los silogismos que tienen conclusiones válidas se pueden predecir errores para las siguientes formas: «todos los M son P», «todos los M son S»; «todos los P son M», «todos los M son S»; «ningún M es P», «ningún M es S»; «ningún P es M», «ningún M es S». De modo que el modelo puede hacer predicciones acerca de tasas de error en el razonamiento silogístico; estas predicciones pueden ser comprobadas fácilmente. De esta forma, los modelos de procesamiento de la información ayudan a crear teorías verificables, lo cual constituye una de las principales condiciones para el avance de la ciencia (Popper, 1959).

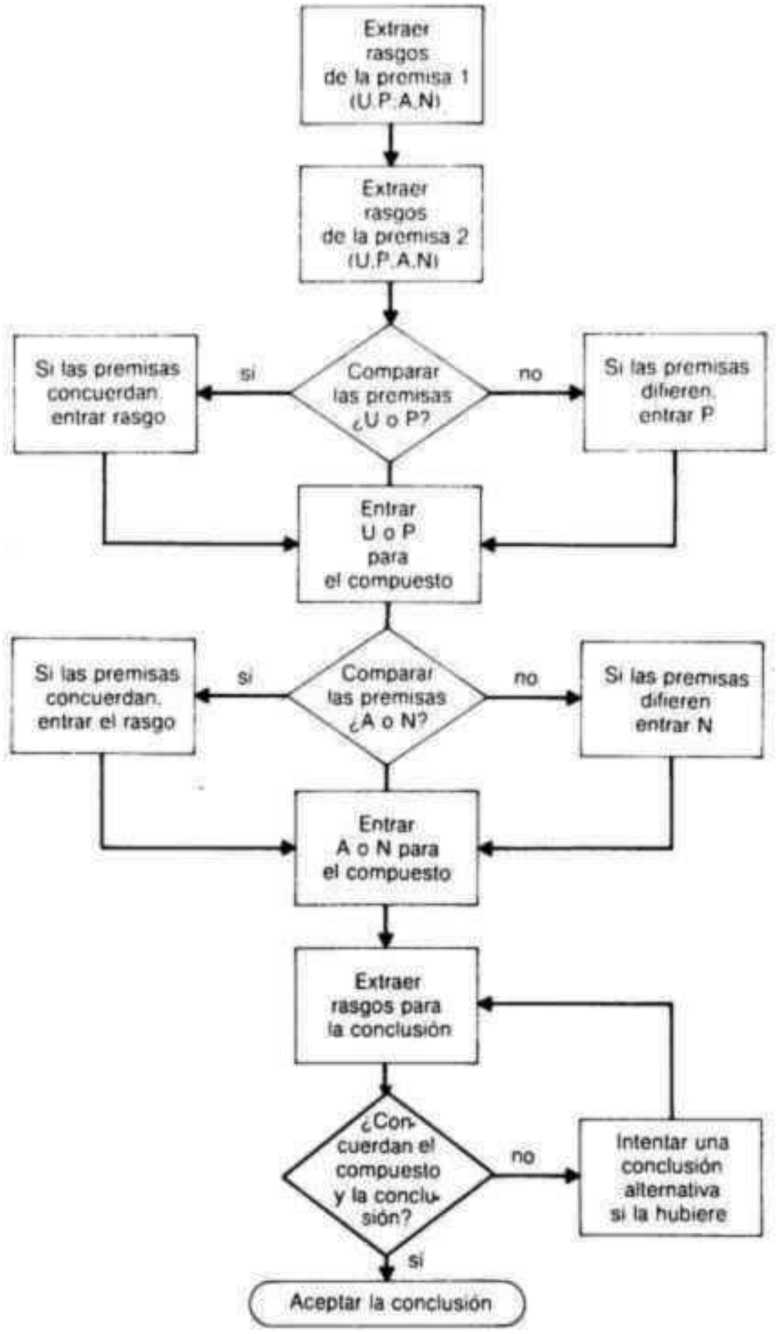
Una explicación psicológica relacionada con los errores lógicos es la *conversión no válida*, la tendencia a asumir que si «todos los A son B» entonces «todos los B son A» o si «algunos A son B» entonces «algunos B son A». Obsérvese que la conversión de la universal afirmativa y la particular negativa no es válida, mientras que la conversión de la universal negativa y la particular afirmativa es válida. Chapman y Chapman (1959) dieron dos premisas, con letras, y pidieron a los sujetos que eligieran la conclusión correcta:

Algunos L son K.
Algunos K son M.

Luego,

1. Todos los M son L.

Cuadro 6-6 Modelo de procesamiento de información del razonamiento silogístico



Clave: U = universal, P = particular, A = afirmativa, N = negativa.

Adaptado de REVLIS (1975)

Cuadro 6-7 Conclusiones de los sujetos en seis silogismos

¿De cuáles conclusiones está seguro?

Premisas	Proporción de las conclusiones de los sujetos: Todos los S son P	Algunos S son P	Ningún S es P	Algunos S no son P	Ninguna de éstas
Todos los P son M Todos los S son M	0.81	0.04	0.05	0.01	0.09
Todos los M son P Ningún S es M	0.02	0.03	0.82	0.05	0.08
Todos los P son M Algunos M son S	0.06	0.77	0.02	0.06	0.07
Algunos M son P Ningún S es M	0.01	0.06	0.62	0.13	0.18
Algunos M no son P Ningún M es S	0.03	0.07	0.41	0.19	0.30
Ningún M es P Algunos S no son M	0.03	0.10	0.24	0.32	0.32

Basado en datos de CHAPMAN y CHAPMAN (1959)

2. Algunos M son L.
3. Ningún M es L.
4. Algunos M no son L.
5. Ninguna de éstas.

Aunque la respuesta correcta era «ninguna de éstas» en cada uno de los 42 silogismos experimentales, los sujetos eligieron otras conclusiones en el 80 % de los casos. En el cuadro 6-7 aparecen algunas respuestas típicas. Como el lector puede ver, muchas de las respuestas, como las tres primeras del cuadro, parecen encajar tanto en la explicación por el efecto de atmósfera como en la explicación por conversión no válida; sin embargo, el efecto de atmósfera nos diría que el error principal en los tres últimos silogismos sería «algunos S no son P», mientras que la respuesta más frecuente fue «ningún S es P», una respuesta que podía producirse si los sujetos hacían conversiones no válidas. Así, los resultados indicaron que se podía atribuir una gran proporción de errores a la conversión no válida, incluyendo algunos que no podían ser atribuidos al efecto de atmósfera.

El lector puede observar que los problemas tomados de Stratton en el cuadro 6-1 tienen como resultado errores que pueden ser descritos como efecto de atmósfera (el silogismo 2 tiene premisas afirmativas particulares que alientan la conclusión afirmativa particular, C) y la conversión no válida (las afirmaciones del silogismo 3 de que «todas las Glorias son Sasoideas» puede convertirse en «todas las Sasoideas son Glorias», alentando así la conclusión D). Aparentemente, algunos errores pueden ser explicados por atmósfera y algunos por conversión, pero mientras el primero es un intento superficial de ser consistente, por parte del que piensa, el último refleja un intento de ser lógico que simplemente no es correcto. Si bien las conversiones pueden ser formalmente ilógicas, CHAPMAN y CHAPMAN (1959, pág. 224) señalan que pueden estar basadas en la consistencia con la experiencia práctica pasada, puesto que las conversiones no válidas «aunque lógicamente no son válidas corresponden con frecuencia a nuestra experiencia de la realidad, y como son guiadas por la experiencia, se consideran por lo general como procedimientos justificables. En realidad es posible aceptar la conversión de muchas, tal vez de la mayoría, de las proposiciones negativas particulares acerca de las cualidades de los objetos; por ejemplo, algunas plantas no son verdes y algunas cosas verdes no son plantas. La aceptación de la conversión de la proposición universal afirmativa también es con frecuencia apropiada, por ejemplo, todos los ángulos rectos son de 90° y también todos los ángulos de 90° son ángulos rectos». Modelos más detallados basados en las hipótesis de conversión se presentan en las secciones siguientes.

Teorías sobre el razonamiento categórico

Definidos los términos clave de los silogismos categóricos y presentados ejemplos de errores conocidos de forma y contenido, ahora presentamos tres teorías actuales sobre el razonamiento categórico: el modelo del conjunto teorético de Erickson, el modelo de conversión de Revlin y el modelo analógico de Johnson-Laird. Como el lector verá, cada teoría pone el acento en la importancia del modo en que se codifican las premisas como fuente mayor de errores.

Modelo del conjunto teorético de Erickson

Supongamos que el razonamiento categórico implica dos fases: 1) traducir las premisas a una información internamente representada y 2) combinar estas representaciones para generar una conclusión. ERICKSON (1974, 1978) propuso que los errores en el razonamiento pueden producirse porque los sujetos se encuentran limitados en la forma en que llevan a cabo la fase de traducción y la fase de combinación.

Durante la traducción de las premisas, los sujetos pueden concentrarse sólo en una interpretación de cada premisa, aunque sean posibles varias interpretaciones. Por ejemplo, consideremos la premisa «todos los A son B». Para enfrentarnos correctamente con esta premisa, el lector debe ser capaz de interpretar simultáneamente que esta premisa significa «A y B son idénticos» (llamado *conjunto de identidad*) y «A es un subconjunto de B» (llamado *conjunto de inclusión*). Para estudiar la forma en que los sujetos interpretan las premisas, Erickson pidió a los sujetos que dibujaran diagramas de Venn para representar diversas premisas. Para una afirmación como «todos los A son B» el 60 % optó por diagramas de identidad y el 40 % prefirió diagramas de inclusión, como se ve en el cuadro 6-8. Además los sujetos eran muy consistentes, y casi siempre dibujaban el mismo tipo de diagrama para el mismo tipo de premisa. Por ejemplo, si se les daban pares de premisas como las que aparecen en el cuadro 6-8, las representaban como dos conjuntos de identidad o dos conjuntos de inclusión. Aparentemente, los sujetos son capaces de elegir una interpretación posible y desdeñar las otras.

Cuando combinaban las premisas, los sujetos podían concentrarse en sólo una conclusión lógica aunque hubiera varias conclusiones lógicas posibles. Por ejemplo, las premisas

Todos los C son B
Todos los A son B

pueden generar cinco conclusiones diferentes. Para estudiar cómo los sujetos combinan las premisas, Erickson y sus colegas presentaron dos diagramas de Venn y pidieron a los sujetos que extrajeran las conclusiones. Los ejemplos se muestran en el cuadro 6-8. Como el lector puede ver, dos diagramas de identidad siempre llevan a una conclusión de identidad. Sin embargo, el conjunto de diagramas de inclusión lleva a una variedad de conclusiones. Por ejemplo, «C como subconjunto de B» y «A como subconjunto de A» llevan a una conclusión de identidad en el 20 % de los sujetos, a un diagrama disyunto como conclusión en un 10 % y a una superposición en el 20 %, y a ninguna en el 50 %. De modo que los sujetos parecen reducir la información. Cuando hay muchas interpretaciones posibles de cómo combinar las premisas o cómo interpretar una premisa, tienden a elegir sólo una.

Un aspecto interesante de la teoría de Erickson es la capacidad para predecir el rendimiento en las tareas de razonamiento categórico. En el cuadro 6-9 se muestra el porcentaje de sujetos que optaron por diversas interpretaciones de cómo traducir y combinar las premisas. Por ejemplo, las premisas

Todos los B son C
Todos los A son B

Cuadro 6-8 Interpretaciones de pares de premisas

Premisas	Posible interpretación de las premisas	Posibles conclusiones: (A C)	(C A)	(A)(C)	(A) (C)	Ninguno
Todos los B son C Todos los A son B	(BC) 60% / (B) (C) 40%	0	0	0	0	0
	(AB) 100%	0	0	10%	0%	90%
	(A) (B) 0	0	0	0	0	0
Todos los C son B Todos los A son B	(BC) 60% / (C) (B) 40%	0	0	20%	10%	50%
	(AB) 100%	0	0	0	0	0
	(A) (B) 20%	0	0	70%	0%	0%
Todos los B son C Todos los B son A	(BC) 60% / (B) (C) 40%	0	0	0	0	0
	(AB) 100%	0	0	10%	0%	0%
	(B) (A) 20%	0	0	5%	5%	90%
Todos los C son B Todos los B son A	(BC) 60% / (C) (B) 40%	0	0	0	0	0
	(AB) 100%	0	0	10%	0%	0%
	(B) (A) 5%	0	85%	0	0%	0%

Basado en Erickson (1974)

Cuadro 6-9 Conclusiones previstas y obtenidas. Rendimiento

Premisas	Conclusiones Posibles	Previstas	Obtenidas
Todos los B son C Todos los A son B	Todos los A son C	96%	90%
	Ningún A es C	0%	2%
	Algunos A son C	4%	4%
	Algunos A no son C	0%	1%
	Ninguna	0%	4%
Todos los C son B Todos los A son B	Todos los A son C	68%	66%
	Ningún A es C	4%	2%
	Algunos A son C	8%	12%
	Algunos A no son C	0%	1%
	Ninguna	20%	20%
Todos los B son C Todos los B son A	Todos los A son C	70%	63%
	Ningún A es C	0%	1%
	Algunos A son C	30%	30%
	Algunos A no son C	0%	1%
	Ninguna	0%	6%
Todos los C son B Todos los B son A	Todos los A son C	62%	70%
	Ningún A es C	0%	2%
	Algunos A son C	38%	23%
	Algunos A no son C	0%	2%
	Ninguna	0%	3%

Basado en Erickson (1974)

El 60 % de los sujetos interpreta las premisas como dos conjuntos de identidad; para combinar dos conjuntos de identidad, los sujetos optan por la conclusión de identidad, todos los A son C. Sin embargo, el 40 % de los sujetos opta por interpretaciones de conjunto de inclusión; de éstos, el 90 % optó por una conclusión de conjunto de inclusión (todos los A son C) y el 10 % eligió una conjunción (algunos A son B). De modo que el 60 % más el 36 % (el 90 % del 40 %) o el 96 % de los sujetos respondió «todos los A son C», y el 4 % (10 % de 40 %) respondió «algunos A son C». Se generaron predicciones similares a partir de cada uno de los cuatro silogismos presentados en el cuadro 6-9, basándose en las normas establecidas en los experimentos recién descritos. Las predicciones están basadas en la idea de que los sujetos utilizarán sólo una interpretación para traducir y combinar las premisas, y las probabilidades de qué interpretaciones serán utilizadas pueden estar basadas en las normas de los experimentos anteriores. Erickson a continuación observó las soluciones efectivas dadas por los sujetos a los silogismos en diferentes experimentos (Erickson, 1974, 1975; Chapman y Chapman, 1959; Ceraso y Provitera, 1971) y desarrolló un medio para indicar las respuestas obtenidas. El cuadro 6-9 indica que las respuestas predichas y las obtenidas para cuatro silogismos estaban asombrosamente cerca.

Cuadro 6-10 Grupo de significados para «Todos los A son B»

Nivel	Descripción	Ejemplo
1	Premisa transformada	Todos los B son A
2	Premisa no transformada	Todos los A son B
3	Relaciones de atmósfera	Universal afirmativa
4	.	.
.	.	.
.	.	.

Adaptado de Revlis (1975)

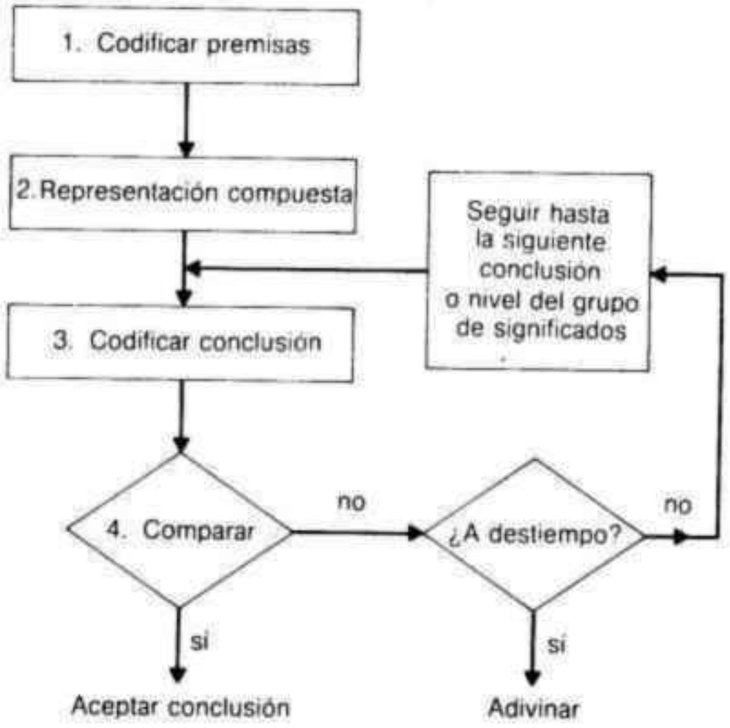
Estos resultados indican que Erickson fue capaz de dar cuenta de gran parte del rendimiento de los sujetos asumiendo que éstos tienden a ignorar posibles interpretaciones de cómo traducir y combinar las premisas. Sin embargo, el trabajo de Erickson está incompleto, puesto que este análisis no ha sido extendido a todos los silogismos. Otro problema es que otros investigadores obtuvieron datos diferentes respecto de cómo los sujetos interpretan las premisas como diagramas de Venn (Neimark y Chapman, 1975). Además, habrá otras teorías que den cuenta de mayor número de datos. En todo caso, la teoría de Erickson propone una concepción del razonamiento humano en la cual las personas son lógicas pero sobre todo restrictivas en lo que se refiere al manejo de la información ambigua.

Modelo de conversión de Revlin

Revlin y sus colegas (Revlis, 1975; Revlin y Leirer, 1978) prolongaron la teoría de la conversión de Chapman y Chapman. El modelo de Revlin es un adelanto respecto de la teoría de Chapman y Chapman porque el modelo de Revlin es mucho más detallado y capaz de hacer predicciones precisas de rendimiento. En realidad, el modelo de Revlin asume que las personas son capaces de utilizar un enfoque de conversión, una no-conversión (es decir, correcta), un enfoque de atmósfera e incluso adivinar bajo ciertas y distintas circunstancias.

La teoría de Revlin tiene dos partes principales: 1) un *acúmulo de significados* —una teoría de cómo se almacenan en la memoria las premisas y las conclusiones— y 2) un *modelo de razonamiento* —una teoría precisa acerca de cómo se deduce una conclusión a partir de premisas codificadas—. En el cuadro 6-10 se muestra un ejemplo del acúmulo de significados para una premisa

Cuadro 6-11 Modelo de conversión de Revlin



Adaptado de Revlis (1975)

del tipo «todos los A son B». El acúmulo de significados supone que la premisa (o la conclusión) está codificada como un acúmulo de significados, con la premisa convertida en el extremo superior, y la premisa no convertida debajo, seguida por los rasgos de atmósfera (tales como universal contra particular y negativa contra positiva) más abajo en el acúmulo. Por ejemplo, como lo muestra el cuadro 6-10, la premisa «todos los A son B» podría almacenarse como «todos los B son A» en el nivel 1, como «todos los A son B» en el nivel 2 y como «positiva universal» para el nivel 3 y así sucesivamente.

En el cuadro 6-11 se ve un esquema general del modelo de razonamiento. Como el lector puede comprobar, hay cuatro estadios:

1. *Codificación de las premisas.* El que razona traduce cada premisa en un número de significados con la versión convertida de la premisa arriba y así sucesivamente.
2. *Compuesto.* El que razona junta las dos premisas para generar una conclusión. Se genera un número de conclusiones posibles; arriba está la conclusión basada en las versiones convertidas de las premisas, en

el segundo nivel la conclusión basada en la versión no convertida de las premisas y en el nivel siguiente está la conclusión por atmósfera, etcétera.

3. *Codificación de la conclusión.* La conclusión dada en el problema es codificada con conversión como en el estadio 1. Si existen cinco conclusiones posibles en el problema, cada una es procesada por turno.
4. *Comparación.* El que razona compara si la conclusión codificada en el estadio 3 concuerda con el compuesto superior generado en el estadio 2. Si es así, el que razona acepta la conclusión como válida. Si no concuerda, el procedimiento se repite con las cinco conclusiones hasta que una concuerda. Si no se encuentra ninguna que concuerde, entonces el que razona pasa al segundo nivel de significados para el compuesto basado en las premisas no convertidas. Si esto fracasa en alcanzar al menos una concordancia, entonces el que razona puede pasar al tercer nivel de significado para el compuesto basado en atmósfera. Si el que razona se queda sin tiempo o sin motivación, se hace un intento de adivinar. Así, el proceso de comparación asume que el que razona prefiere no optar por «ninguna de las anteriores» como respuesta.

Para comprobar esta teoría, REVLIS (1975) pidió a sus sujetos que resolvieran una serie de silogismos abstractos en un tiempo determinado con un límite de 15 a 30 segundos, por ejemplo. Primero Revlis examinó el rendimiento en silogismos no válidos, aquellos en que la respuesta correcta es «ninguna de las anteriores». En algunos de éstos (llamados *diferentes*) el modelo de conversión genera una conclusión diferente a «ninguna»; así, el modelo de conversión no predice ninguna respuesta correcta para estos diferentes no válidos. En algunos de los silogismos no válidos (llamados los *mismos*) tanto el modelo lógico como el de conversión generan la misma conclusión; el modelo de conversión predice que un sujeto adivinará cuando no pueda encontrar ninguna respuesta de modo que sean el 20 % correctas. Los rendimientos de los sujetos alcanzaron los niveles predichos por el modelo de conversión: 6 % para los diferentes no válidos y 15 % para los mismos no válidos.

Examinemos también las predicciones para los silogismos válidos, aquellos en que existe una respuesta correcta. En algunos silogismos válidos, el modelo de conversión y el lógico predicen diferentes respuestas; de acuerdo con el modelo de conversión, estos silogismos deberían alcanzar una tasa de ninguno correcto. Para otros silogismos válidos, el modelo de conversión y el lógico generan la misma respuesta; de modo que en éstos debería darse un 100 por ciento de rendimiento correcto según el modelo de conversión. Los resultados son consistentes con estas predicciones con un 13 % en los válidos diferentes y un 73 % correcto en los mismos válidos. De modo que el modelo de conversión es capaz de predecir cuándo es probable que las respuestas sean

diferentes de la lógica. Con posterioridad, REVLIN y LEIRER (1978) demostraron que la conversión puede resultar bloqueada cuando se usan algunos tipos de premisas concretas; en otras palabras, los sujetos no parecen convertir las premisas cuando pueden decir que esa conversión es contraria a la experiencia. Por ejemplo, «todos los martillos son herramientas» no se convierte en «todas las herramientas son martillos». Además, REVLIN y LEIRER (1980) demostraron que las oraciones categóricas con frecuencia son convertidas incluso cuando no están comprometidas en un razonamiento.

¿Qué se puede hacer para impedir las conversiones erróneas? CERASO y PROVITERA (1971) redujeron la conversión si establecían las premisas de manera más explícita, menos ambigua. Por ejemplo, la premisa «todos los A son B» es ambigua y puede llevar a conversiones como «todos los B son A». Sin embargo, la premisa «todos los A son B, pero algunos B no son A» define una relación no ambigua y que probablemente invite menos a la conversión.

Modelo analógico de Johnson-Laird

Johnson-Laird y sus colaboradores (JOHNSON-LAIRD y STEEDMAN, 1978) afirmaron que la investigación del razonamiento silogístico debía cumplir con cuatro requisitos metodológicos: 1) debía pedirse al sujeto que dedujera la conclusión y no decirle cuál conclusión es válida en un test de elección múltiple, 2) los experimentos debían utilizar una selección amplia de 512 formas posibles de silogismos, 3) los silogismos debían escribirse en un inglés neutral y no con letras abstractas y 4) debían realizarse análisis de cada silogismo y no un promedio de entre varias formas diferentes. Johnson-Laird y sus colaboradores afirman que sus investigaciones son las primeras que cumplen con estos requisitos adecuadamente.

En un experimento tipico (JOHNSON-LAIRD y STEEDMAN, 1978) se presentaron a los sujetos pares de premisas como

> Ninguno de los músicos es inventor.
> Todos los inventores son profesores.

Se pedía a los sujetos que supusieran que las personas mencionadas en el silogismo estaban todas en una habitación y que optaran por la conclusión que mejor concordara con las premisas. En el cuadro 6-12 se dan ejemplos de la forma de los silogismos utilizados en este estudio. Algunas de las conclusiones de los sujetos también aparecen en este cuadro, con el número de sujetos que dio cada conclusión puesto entre paréntesis. Así, en esta investigación, se pidió a los sujetos que formaran una representación analógica concreta de las premisas —es decir, músicos, inventores y profesores, todos en una sola habitación— y que generaran luego una conclusión.

Cuadro 6-12 Número de sujetos que producen conclusiones A-C y C-A

Figura A-B, B-C

Pares de premisas	Conclusiones	Number of Subjects
Todos los A son B Todos los B son C	Todos los A son C Todos los C son A	(14) (2)
Algunos A son B Algunos B son C	Algunos A son C Algunos C son A	(15) (2)
Todos los A son B Ningún B es C	Ningún A es C Ningún C es A Algunos A son C	(13) (2) (2)
Algunos A son B Ningún B es C	Algunos A no son C Algunos A son C	(10) (4)

Figura B-A, C-B

Todos los B son A Todos los C son B	Todos los C son A Todos los A son C	(12) (4)
Todos los B son A Algunos C son B	Algunos C son A Algunos A son C	(16) (1)
Todos los B son A Ningún C es B	Algunos A no son C Ningún A es C Ningún C es A	(6) (5) (3)
Algunos B son A Ningún C es B	Algunos A no son C Ningún C es A Algunos C son A Algunos A son C	(9) (2) (2) (2)

Adaptado de JOHNSON-LAIRD y STEEDMAN (1978)

Uno de los principales descubrimientos fue que la figura del silogismo influía sobre la forma de la conclusión generada por los sujetos. Para la figura

A – B
B – C

tal como «todos los A son B», «algunos B son C», los sujetos concluían que A – C, como «todos los A son C». Para la figura

B – A
C – B

tal como «todos los B son A», «algunos C son B», los sujetos tendían a concluir la forma C – A, como «todos los C son A». Con las otras figuras

B – A
B – C

A – B
C – B

sólo había débiles desviaciones de una forma de conclusión sobre otra. Este efecto de figura fue una nueva contribución que sólo podía observarse cuando se pedía a los sujetos que generasen conclusiones.

Para dar cuenta de sus nuevos resultados, Johnson-Laird y Steedman propusieron una «teoría analógica» que contenía cuatro estadios:

1. *Traducción a una representación analógica.* Las premisas se traducen a una representación analógica como la que se muestra en la parte superior del cuadro 6-13. Por ejemplo, la premisa «todos los artistas son apicultores» significa que hay algunos artistas (representados por las letras *a*) y cada uno es también (representado por una flecha) un apicultor (representado por las letras *b*). Además, algunos *b* pueden no ser *a*.
2. *Combinación total de las premisas.* Una vez que las premisas se representan analógicamente, pueden combinarse como se muestra en el cuadro 6-13. Por ejemplo, los términos medios (*b*) pueden estar conectados por flechas o «no-signos» (indicando ninguna relación) tanto con *a* como con *c*.
3. *Derivación de conclusiones.* El paso siguiente consiste en extraer todas las conclusiones posibles. El más (+) indica una conclusión posible, mientras que el signo de interrogación (?) indica la imposibilidad de una conclusión, como se ve en el cuadro 6-12. Como el lector puede apreciar, cuando el formato del silogismo va en la dirección A hacia B hacia C, entonces es favorecida la conclusión basada en A hacia C; sin embargo, cuando la dirección es B hacia A y B hacia C, entonces la conclusión puede estar basada tanto en A hacia C como en C hacia A.
4. *Comprobación lógica.* El último paso es tratar de reducir el número de conclusiones posibles, aceptando sólo aquellas que son consistentes con todas las interpretaciones de las premisas. Por ejemplo, el cuadro 6-13 muestra que el silogismo «todos los A son B», «algunos B son C», sugiere diversas conclusiones que se basan en la combinación heurística, pero todas pueden ser eliminadas por una comprobación lógica.

Los errores se producen si el sujeto no tiene tiempo ni recursos para llevar a cabo el estadio final de comprobación lógica. Basándose en este modelo, Johnson-Laird y Steedman fueron capaces de dar cuenta de gran parte del rendimiento de sus sujetos. Su teoría presupone que los errores ocurren por el procesamiento incompleto de la información.

Cuadro 6-13 Representación analógica de premisas y conclusiones

1. Traducir en representación analógica

Todos los artistas son bibliotecarios	a ↓ b	a ↓ b	a ↓ b	(b)	(b)
Algunos artistas son bibliotecarios	a ↓ b	(a) (b)			
Ningún artista es bibliotecario	a ⊥ b	a ⊥ b			
Algunos artistas no son bibliotecarios	a ⊥ b	(a) ↓ b			

2. Combinación heurística de las premisas

Todos los artistas son bibliotecarios (Todos los A son B)	a ↓ b	a ↓ b	(b)	
Algunos bibliotecarios son químicos (Algunos B son C)	↓ c	 (c)		

3. Deducción de conclusiones

Algunos artistas son bibliotecarios Todos los bibliotecarios son químicos ∴ Algunos A son C (16) ∴ Algunos C son A (3)	+ a ↓ b ↓ c +	? (a) (b) ↓ c ?	(c)	Dirección óptima: A a C
Todos los bibliotecarios son artistas Algunos bibliotecarios son químicos ∴ Algunos A son C (11) ∴ Algunos C son A (9)	+ a ↑ b ↓ c +	? a ↑ (b) (c) ?	(a)	Sin dirección óptima

4. Comprobación lógica

Todos los artistas son bibliotecarios (Todos los A son B)	? a ↓ b	? a ↓ b	(b)	
Algunos bibliotecarios son químicos (Algunos B son C) ∴ No hay conclusión válida	 c ?	 (c) ?	↓ 	

Adaptado de JOHNSON-LAIRD y STEEDMAN (1978)

Razonamiento condicional

Los silogismos condicionales constan de dos premisas y una conclusión. La primera premisa es una sentencia implicativa de la forma *si p, entonces q*, donde *p* es una condición antecedente y *q* es una condición consecuente. La segunda premisa es una afirmación o una negación de cualquiera de las dos premisas, el antecedente —«p es verdadero» o «p no es verdadero»— o el consecuente —«q es verdadero» o «q no es verdadero». Por ejemplo, consideremos el silogismo condicional:

> Si hay un eclipse solar, entonces las calles estarán oscuras.
> Hay un eclipse solar.
> ¿Están las calles oscuras?

En este ejemplo la primera premisa es de la forma «si p, entonces q» con «eclipse solar» como condición antecedente y «las calles estarán oscuras» como condición consecuente. La segunda premisa afirma la condición antecedente, y la conclusión afirma la condición consecuente.

Establecidos nuestros cuatro términos, consideremos algunos descubrimientos de la investigación básica y teorías respecto del razonamiento condicional. Staudenmayer y sus colaboradores (STAUDENMAYER, 1975, 1978; TAPLIN y STAUDENMAYER, 1973) formularon que muchos errores en el razonamiento condicional se pueden atribuir a las interpretaciones erróneas por parte de los sujetos en la primera premisa. Por ejemplo, muchos sujetos interpretan la afirmación condicional «si p, entonces q» como una relación *bicondicional;* entonces asumen que «si q, entonces p». En realidad, en lógica formal sólo puede asumirse que «si p, entonces q» implica una relación condicional, de modo que «si q, entonces p» es verdad o no, es una incógnita.

El cuadro 6-14 aporta ejemplos de los ocho principales silogismos condicionales. La columna rotulada «Interpretación condicional» da una evaluación de la conclusión que supone que la primera premisa se interpreta como una relación bicondicional. Como puede ver el lector, ambas interpretaciones llegan a las mismas respuestas para los silogismos 1, 2, 7 y 8 pero difieren en los problemas 3, 4, 5 y 6. Por ejemplo, en el problema 5, una interpretación bicondicional agrega una segunda forma de enunciar la primera premisa, «si la luz se enciende, entonces el interruptor está presionado».

En una serie de experimentos realizados por STAUDENMAYER (1975, 1978) se presentaron a los sujetos silogismos condicionales como los del cuadro 6-14 y se les pidió que evaluaran si la conclusión era «verdadera», «falsa» o «algunas veces verdadera». La mayoría de los sujetos se comportó como si consecuentemente utilizaran ya sea una interpretación condicional en todos los silogismos o exclusivamente una interpretación bicondicional. Por ejemplo, cuando la premisa tenía la forma «si p, entonces q», el 59 % de los sujetos

Cuadro 6-14 Respuestas a ocho silogismos condicionales basados en interpretaciones condicionales y bicondicionales

Ejemplo	Forma	Respuesta para interpretación condicional	Respuesta para interpretación bicondicional
1. Si se abre la llave, se enciende la luz. La llave está abierta. ∴ La luz está encendida.	Si p, entonces q p es verdadero q es verdadero	Verdadero	Verdadero
2. Si la llave está abierta, la luz está encendida. La llave está abierta. ∴ La luz está apagada.	Si p, entonces q p es verdadero ∴ no q no es verdadero	Falso	Falso
3. Si la llave está abierta, la luz está encendida. La llave no está abierta. ∴ La luz está encendida.	Si p, entonces q no p no es verdadero q es verdadero	A veces	Falso
4. Si la llave está abierta, la luz está encendida. La llave no está abierta. ∴ La luz no está encendida.	Si p, entonces q no p no es verdadero ∴ no q no es verdadero	A veces	Verdadero
5. Si la llave está abierta, la luz está encendida. La luz está encendida. ∴ La llave está abierta.	Si p, entonces q q es verdadero ∴ p es verdadero	A veces	Verdadero
6. Si la llave está abierta, la luz está encendida. La luz está encendida. ∴ La llave no está abierta.	Si p, entonces q q es verdadero ∴ no p no es verdadero	A veces	Falso
7. Si la llave está abierta, la luz está encendida. La luz no está encendida. ∴ La llave está abierta.	Si p, entonces q q no es verdadero ∴ p es verdadero	Falso	Falso
8. Si la llave está abierta, la luz está encendida. La luz no está encendida. ∴ La llave no está abierta.	Si p entonces q no q no es verdadero ∴ no p no es verdadero	Verdadero	Verdadero

Adaptado de Staudenmayer (1975)

consecuentes se comportaban como si utilizaran una interpretación bicondicional, para premisas formuladas «p a causa de q», el 77 % de los sujetos consecuentes se comportaban como si utilizaran una interpretación bicondicional. De manera similar, con el material abstracto (como letras sueltas) más personas utilizaban interpretaciones bicondicionales que cuando se trataba de material concreto (como oraciones). Staudenmayer concluyó que los errores en las respuestas al razonamiento condicional se pueden atribuir a las interpretaciones que hacen los sujetos de las premisas más que a un proceso erróneo de pensamiento.

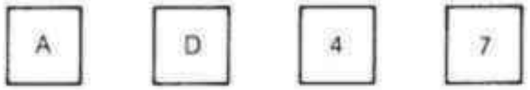
Cuadro 6-15 Rendimiento en ocho silogismos condicionales

Ejemplo	Forma	Verdadero (siempre)	A veces	Falso (nunca)
1. Si la tarjeta tiene una A en la izquierda, entonces tiene un 7 en la derecha. La tarjeta tiene una A en la izquierda. ∴ La tarjeta tiene un 7 en la derecha.	Si p, entonces q p es verdadero ∴ q es verdadero	100 %	0 %	0 %
2. Si la tarjeta tiene una A en la izquierda, entonces tiene un 7 en la derecha. La tarjeta tiene una A en la izquierda. ∴ La tarjeta no tiene un 7 en la derecha.	Si p, entonces q p es verdadero ∴ q no es verdadero	0 %	0 %	100 %
3. Si la tarjeta tiene una A en la izquierda, entonces tiene un 7 en la derecha. La tarjeta no tiene una A en la izquierda. ∴ La tarjeta tiene un 7 en la derecha.	Si p, entonces q p no es verdadero ∴ q es verdadero	5 %	79 %	100 %
4. Si la tarjeta tiene una A en la izquierda, entonces tiene un 7 en la derecha. La tarjeta no tiene una A en la izquierda. ∴ La tarjeta no tiene un 7 en la derecha.	Si p, entonces q p no es verdadero ∴ q no es verdadero	21 %	77 %	2 %
5. Si la tarjeta tiene una A en la izquierda, entonces tiene un 7 en la derecha. La tarjeta tiene un 7 en la derecha. ∴ La tarjeta tiene una A en la izquierda.	Si p, entonces q q es verdadero ∴ p es verdadero	23 %	77 %	0 %
6. Si la tarjeta tiene una A en la izquierda, entonces tiene un 7 en la derecha. La tarjeta tiene un 7 en la derecha. ∴ La tarjeta no tiene una A en la izquierda.	Si p, entonces q q es verdadero ∴ p no es verdadero	4 %	82 %	14 %
7. Si la tarjeta tiene una A en la izquierda, entonces tiene un 7 en la derecha. La tarjeta no tiene un 7 en la derecha. ∴ La tarjeta tiene una A en la izquierda.	Si p, entonces q q no es verdadero ∴ p es verdadero	0 %	23 %	77 %
8. Si la tarjeta tiene una A en la izquierda, entonces tiene un 7 en la derecha. La tarjeta no tiene un 7 en la derecha. ∴ La tarjeta no tiene una A en la izquierda.	Si p, entonces q q no es verdadero ∴ p no es verdadero	57 %	39 %	4 %

Adaptado de Rips y Marcus (1977)

Cuadro 6-16 Problemas de dar vuelta tarjetas

Si una tarjeta tiene una vocal de un lado, entonces tiene un número entero en el otro.



Seleccionar las tarjetas que haya que dar vuelta para saber si violan o no la regla.

Adaptado de Wason (1966)

Rips y Marcus (1977) pidieron a los sujetos que juzgaran silogismos condicionales como los que aparecen en el cuadro 6-15. Los resultados indicaban un rendimiento perfecto en los silogismos 1 y 2, pero muchos errores en los otros. Rips y Marcus desarrollaron un modelo para dar cuenta de los tipos de error que aparecen en el cuadro, señalando que: 1) algunos sujetos utilizan una interpretación bicondicional de las premisas, 2) las negativas en una premisa o en la conclusión tienden a aumentar la posibilidad de interpretar equivocadamente la información y 3) muchas comparaciones entre las premisas y las conclusiones aumentan la probabilidad de error. Así, Rips y Marcus ampliaron los trabajos anteriores subrayando que las interpretaciones bicondicionales son un factor que influye en el rendimiento.

Wason (1966, 1968; Johnson-Laird y Wason, 1970; Wason y Johnson-Laird, 1972) aportó evidencia adicional respecto de la interpretación de las afirmaciones condicionales por parte de los sujetos. Por ejemplo, en el cuadro 6-16 aparece un problema en el cual los sujetos reciben una oración condicional tal como «si una tarjeta tiene una vocal de un lado, entonces tiene un número en el otro lado». Además, los sujetos reciben cuatro tarjetas que corresponden a un antecedente afirmado (A), un antecedente negado (D), un consecuente afirmado (4) y un consecuente negado (7). La tarea del sujeto es determinar qué tarjetas deben darse vuelta para comprobar la verdad de la afirmación.

Supongamos por un momento que el lector utiliza una interpretación bicondicional de la oración y, como sugiere Anderson (1980), no puede utilizar condiciones negadas. Por tanto, el lector asumirá tanto la oración dada como su interpretación inversa, «si una tarjeta tiene un número entero por un lado, entonces tiene una vocal en el otro». Para comprobar la oración dada, el lector querrá dar vuelta la tarjeta A; si ésta careciera del número entero, el lector sabría que la oración no era verdad. Para comprobar la versión inversa de la oración, el lector querrá dar vuelta la tarjeta 4 para estar seguro de que tenía una vocal del otro lado. Esta es la estrategia más popular entre los sujetos de Wason: 46 % pidieron dar vuelta las tarjetas A y 4. Sin embargo, imaginemos

que el lector utiliza sólo una interpretación condicional de la premisa y que no dejará de lado el uso de las condiciones negadas. En este caso, el lector seleccionará A porque sabe que la premisa dice que debe haber un número entero del otro lado. Además, elegirá la tarjeta 7; si tiene una vocal del otro lado sabrá que la oración no puede ser verdadera. Sólo el 4 % de los sujetos eligió A y 7, aunque es la respuesta lógicamente correcta. Obsérvese que el hecho de dar vuelta la tarjeta 4 no comprueba la oración, puesto que tanto una vocal como una consonante serían consistentes con ella. Los sujetos de Wason optaron por las interpretaciones bicondicionales de las oraciones condicionales y por tanto fueron incapaces de utilizar las condiciones negativas (es decir, negadas).

¿Existe alguna forma de combatir estas malas interpretaciones de las oraciones condicionales? En una investigación (Johnson-Laird, Legrenzi y Legrenzi, 1972; Johnson-Laird y Wason, 1977) los sujetos recibieron una versión concreta de la tarea anterior. Por ejemplo, la oración condicional podía ser «si un sobre está cerrado, entonces lleva un sello de 50 liras». Las cinco instancias eran un sobre cerrado (antecedente afirmado), un sobre abierto (antecedente negado), un sobre con un sello de 50 liras (consecuente afirmado), un sobre con un sello de 40 liras (consecuente negado) y un sobre sin sello (consecuente negado). La tarea del sujeto era imaginarse que estaba distribuyendo la correspondencia en una oficina de correos y debía determinar cuáles sobres debían darse vuelta para comprobar la afirmación. La tarea se resume en el cuadro 6-17. A diferencia de lo sucedido con la versión abstracta de esta tarea, la mayoría de los sujetos que realizaron este experimento dijeron que había que dar vuelta el sobre cerrado y el del sello de 40 liras. De modo que la mayor parte de los sujetos actuó con lógica, utilizando una interpretación condicional y condiciones negativas. Este estudio sugiere que cuando se utiliza un contexto real, la tendencia a cometer interpretaciones incorrectas disminuye.

Los resultados de las investigaciones sobre el razonamiento condicional sugieren que los errores se producen cuando los sujetos interpretan una oración condicional como bicondicional y cuando fracasan en manejar adecuadamente la información respecto de las condiciones negadas. La investigación actual sugiere que muchos errores en las tareas de razonamiento condicional tienen como causa el fracaso de los sujetos para comprender lo que significan «sí» y «no», más que a fracasos del razonamiento lógico.

Razonamiento lineal

Otro tipo de razonamiento lógico que ha sido cuidadosamente investigado tiene que ver con tareas de razonamiento lineal, como por ejemplo A es mejor que B; B es mejor que C; ¿es A mejor que C? Así, DeSoto, London

Cuadro 6-17 El problema de los sobres

Si un sobre está cerrado, entonces tiene una estampilla de 50.

Decir qué sobres hay que dar vuelta para saber si violan o no la regla.

Adaptado de JOHNSON-LAIRD y WASON (1977)

y HANDEL (1965) dieron a sus sujetos 10 segundos para responder Sí o No a conclusiones basadas en premisas semejantes a las del cuadro 6-18. Según el punto de vista tradicional sobre el razonamiento lógico, los problemas 1 y 4 deberían ser más fáciles puesto que avanzan desde un extremo al medio y hacia el otro extremo, presentando los tres términos; sin embargo, el problema 4 es uno de los más difíciles y los problemas 5 y 6, que deberían ser difíciles, están dentro de los más fáciles. Los autores llegan a la conclusión de que la lógica formal no es necesariamente el sistema que los seres humanos utilizan para razonar. «Evidentemente, se necesita una paralógica totalmente diferente para dar cuenta de estos descubrimientos. Nos gustaría proponer dos principios paralógicos... que las personas aprenden los ordenamientos mejor en una dirección que en otra... [y] que amarran los ordenamientos al final.» El primer principio queda demostrado por el hecho de que los sujetos tuvieron un mejor rendimiento en una ordenación evaluativa cuando los términos eran presentados de mejor a peor (como en el problema 1) que en un orden mezclado (como en los problemas 2 y 3) y peor cuando se los presentaba de peor a mejor (como en el problema 4). El segundo principio (el amarre final de los ordenamientos) queda indicado por el hecho de que los sujetos tuvieron un mejor rendimiento con las proposiciones que daban primero un término extremo (es decir lo peor o lo mejor), seguidas por un término medio, que con proposiciones que ponían primero el término medio seguido por un término final; por ejemplo, el problema 5 y 6 tiene dos proposiciones que van de los extremos al medio y son mucho más fáciles que los problemas 7 y 8, que tienen dos proposiciones que van del medio a los extremos.

DeSoto, London y Handel describieron el proceso de razonamiento como un proceso con una *paralógica espacial* en la cual la serie de espacios arriba-abajo o derecha-izquierda y los términos de ordenamiento (A, B, C) se insertan en estos espacios. Se obtuvieron resultados semejantes utilizando «mejor-

Cuadro 6-18 Proporción de respuestas correctas a ocho problemas de deducción

Premisas	Proporción de respuestas correctas	Forma de las premisas	
		Intrapremisas	Entre premisas
1. A es mejor que B B es mejor que C	0,61	mejor a peor	mejor a peor
2. B es mejor que C A es mejor que B	0,53	mejor a peor	peor a mejor
3. B es peor que A C es peor que B	0,50	peor a mejor	mejor a peor
4. C es peor que B B es peor que A	0,43	peor a mejor	peor a mejor
5. A es mejor que B C es peor que B	0,62	extremo al medio	mejor a peor
6. C es peor que B A es mejor que C	0,57	extremo al medio	peor a mejor
7. B es peor que A B es mejor que C	0,41	medio a extremo	mejor a peor
8. B es mejor que C B es peor que A	0,38	medio a extremo	peor a mejor

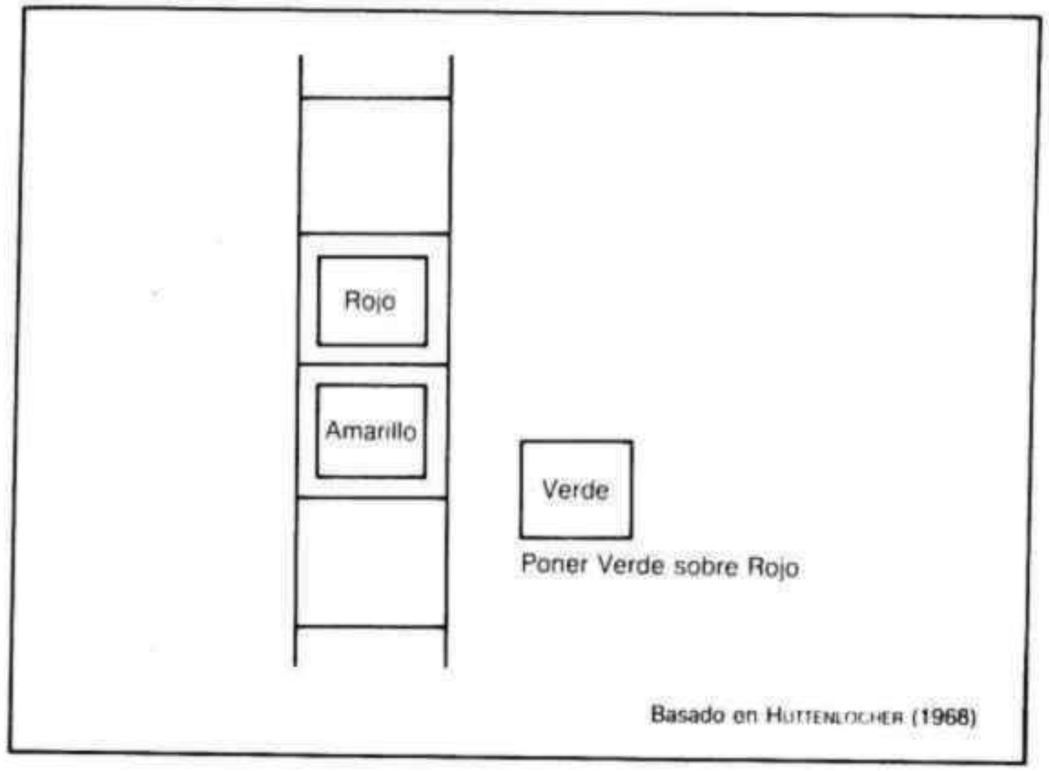
Se presentó a los sujetos la pregunta en cuatro formas:
¿Es A mejor que C? ¿Es C mejor que A? ¿Es A peor que C?
¿Es C peor que A?

De DESOTO, LONDON y HANDEL (1965) ©1965 The American Psychological Association. Reproducido con autorización del autor.

peor», «arriba-abajo», «más oscuro-más claro» y «derecha-izquierda» aunque por lo general el rendimiento fue más pobre con derecha-izquierda, posiblemente porque es más difícil imaginar ordenamientos horizontales que verticales. El rendimiento fue más pobre con «peor» que con «mejor», con «abajo» que con «arriba» y con «a la derecha de» que con «a la izquierda de», lo cual sugirió que la dirección de llenado del ordenamiento espacial era importante.

HUTTENLOCHER (1968) resumió una serie de experimentos que hacían la réplica de los descubrimientos de DeSoto pero utilizaban ordenamientos de formas: «Tom es más bajo que Sam. Sam es más bajo que Pete. ¿Quién es más alto?». Huttenlocher observó que la primera premisa afirmaba una relación en-

Cuadro 6-19 Problema con cubos



Basado en HUTTENLOCHER (1968)

tre dos términos (X es más alto que Y o X es más bajo que Y) y que la segunda premisa decía al sujeto dónde colocar el tercer término, ya sea por encima o por debajo de los otros dos términos. Si el sujeto de la segunda premisa era el tercer término, como en «Tom es más alto que John, Sam es más bajo que John», entonces las tasas de error y de tiempo de respuesta para «¿Quién es más alto?» eran más bajas que si el tercer término (Sam) era el objeto de la segunda premisa, como por ejemplo «Tom es más alto que John; John es más alto que Sam». Incluso cuando las premisas eran presentadas en la voz pasiva, el razonamiento era mejor cuando el tercer término (o el móvil) era el sujeto lógico y el objeto gramatical de la segunda premisa. Por ejemplo, «Tom está guiando a John, Tom es guiado por Sam», era más fácil que «Tom está guiando a John, Sam es guiado por John». Aparentemente la capacidad para procesar la segunda proposición depende de cómo ésta encaja en la relación fija establecida por la primera premisa.

El énfasis puesto por Huttenlocher sobre la gramática sujeto-objeto del término móvil de la segunda premisa añadió un nuevo tipo de enfoque al principio de DeSoto sobre el amarre final. En experimentos con niños, Huttenlocher descubrió que para los niños era más fácil colocar un cubo en el cajón o estante concreto, como se ve en el cuadro 6-19, si el sujeto de la oración-instrucción era el cubo que había de ser colocado. Si el estante tenía un cubo rojo encima de un cubo amarillo, los niños podían colocar más fácilmente el tercer cubo (el verde) en los estantes cuando se les daban instrucciones en las cuales el cubo verde era el sujeto, como en «pon el verde encima del rojo» o «pon el verde debajo del amarillo», que cuando el cubo móvil era el objeto de la oración, como en «pon el rojo bajo el verde» o «pon el amarillo sobre el verde». El proceso de razonamiento deductivo de los adultos puede implicar este mismo tipo de ordenamiento de objetos en una estantería imaginaria, de manera que la primera proposición establece la relación fija entre dos términos y la segunda proposición dice al que piensa dónde debe colocar el tercer término en la estantería. Responder preguntas como quién es más alto o más bajo implica una referencia a ese orden espacial construido. De modo que, si bien Huttenlocher mantuvo la idea de que los seres pensantes construyen un ordenamiento espacial lineal, consideró que la dificultad para colocar los ítems en el ordenamiento imaginario se encontraba influida por la gramática de la segunda premisa, o lo que DeSoto llamó amarre final «de los extremos al medio».

Mientras que DeSoto y Huttenlocher describían el razonamiento deductivo como la construcción de una imagen espacial, utilizando principios como los de amarre final, CLARK (1969) intentó demostrar que el razonamiento puede describirse mejor en términos de proceso lingüístico no espacial. Clark pedía a los sujetos que respondieran a problemas como: «Si Juan no es tan bueno como Pedro y Diego no es tan bueno como Juan, ¿quién es el mejor?» Los tiempos de respuesta generales promedio para los ocho tipos de problemas se ven en el cuadro 6-20. El rendimiento en los primeros ocho problemas parece coincidir muy bien con los resultados de DeSoto y Huttenlocher; el rendimiento fue mejor en los problemas en que las proposiciones iban de mejor a peor, como en la 1a y 1b, que en las de peor a mejor, como 2a y 2b; el rendimiento también fue mejor cuando el tercer término era el sujeto de la segunda proposición (es decir, había amarre final) como en 1b, 2b, y 3a y b que cuando era el objeto, como en 1a, 2a, y 4a y b. Sin embargo, teniendo en cuenta en la información aportada por los ocho ejemplares negativos, Clark propuso tres principios para describir el razonamiento en términos de proceso lingüístico:

1. *La primacía de las relaciones funcionales.* La idea de que lo que se almacena son las relaciones lógicas (o funcionales) y no las relaciones gramaticales de voz y negación; por ejemplo «A es guiado por B» puede traducirse como «B guía a A» o «A no es tan bueno como B» puede traducirse como «B es mejor que A».
2. *Marcas léxicas.* Los adjetivos que implican tanto un nombre en la escala como una posición en la escala (adjetivos marcados) como «malo» o «bajo» requieren más esfuerzo de codificación que los adjetivos que

Cuadro 6-20 Tiempo medio de solución en segundos para 16 problemas de deducción

Premisas	¿Quién es mejor	¿Quién es peor?	Medio
1a. A mejor que B. B mejor que C	5.4	6.1	5.8
1b. B mejor que C. A mejor que B	5.0	5.5	5.2
2a. C peor que B. B peor que A	6.3	6.5	6.4
2b. B peor que A. C peor que B	5.9	5.0	5.5
3a. A mejor que B. C peor que B	5.4	5.3	5.3
3b. C peor que B. A mejor que B	4.8	5.8	5.3
4a. B peor que A. B mejor que C	5.0	6.0	5.5
4b. B mejor que C. B peor que A	6.1	5.4	5.8
1'a. A no tan malo como B. B no tan malo como C	6.8	6.0	6.3
1'b. B no tan malo como C. A no tan malo como B	7.2	6.6	6.8
2'a. C no tan bueno como B. B no tan bueno como A	5.6	6.6	6.1
2'b. B no tan bueno como A. C no tan bueno como B	6.1	6.6	6.4
3'a. A no tan malo como B. C no tan bueno como B	6.3	6.7	6.5
3'b. C no tan bueno como B. A no tan malo como B	6.7	6.3	6.5
4'a. B no tan bueno como A. B no tan malo como C	6.1	6.2	6.1
4'b. B no tan malo como C. B no tan bueno como A	5.5	7.1	6.2

De Clark (1969) ©1969 The American Psychological Association. Reproducido con autorización del autor.

sólo implican el nombre en la escala pero ninguna posición en ella (adjetivos no marcados) como «alto» o «bueno». (Para verificar si un adjetivo es marcado, el lector puede preguntar si hay una diferencia entre «¿Cómo es X de alto?» frente a «¿Cómo es X de bajo?» o «¿Estaba buena la comida?» frente a «¿Estaba mala la comida?». Los adjetivos marcados implican que X es bajo y que la comida era mala.) Una expresión simple como «X es mejor que Y» es más fácil de almacenar y procesar que «Y es peor que X».

3. *Principio de congruencia.* Los seres pensantes comparan la pregunta con la información funcional que tienen en la memoria y reformulan la pregunta si fuera necesario, para hacerla congruente con su información.

El principio de relaciones funcionales predice correctamente que los ocho

problemas con proposiciones negativas tardarán más tiempo en resolverse que las ocho oraciones sin negación, presumiblemente a causa de que se necesita un paso extra de traducción. De manera semejante, el principio de las marcas léxicas predice que los problemas con «malo» o «peor» como los problemas 2 y 1' deberían ser más difíciles que aquellos donde interviene «bueno» o «mejor», como los 1 y 2'. El principio de congruencia predice que, si las proposiciones se presentan como «mejor que», entonces «¿Quień es mejor?» resulta más fácil. Esta hipótesis casi siempre se sostiene. Además, los principios de congruencia y de relación funcional sugieren que los problemas 3 y 4' (con oraciones funcionalmente idénticas) deberían ser más fáciles que los problemas 4 y 3' (también con oraciones funcionalmente idénticas) puesto que en la primera «si A es peor que B entonces A es peor» y «si A es mejor que B entonces A es mejor», pero no en la última. Casi todos los resultados de Clark son consistentes con los de Huttenlocher y con los de DeSoto, y su interpretación lingüística aporta un análisis diferente —pero no necesariamente contradictorio— del proceso de razonamiento, fundamentalmente en función de cómo se codifican y se procesan las proposiciones individuales. Las diferencias entre la forma a y la forma b de los ocho problemas, sin embargo, no están bien explicadas por Clark y parecería mejor la interpretación de las mismas por el principio del amarre final de las proposiciones funcionales. Por ejemplo, el problema 2b presenta ítems en el orden B, A, C, de modo que el término final, C, queda amarrado en las relaciones A>B; mientras que el problema 2a presenta los ítems en el orden C, B, B, de modo que primero se establece la relación B>C, pero el término final, A, no se menciona a continuación. Como lo predice el amarre final, la 2a lleva más tiempo de solución que la 2b.

Potts (1972) se ha concentrado en el proceso cognitivo por el que atraviesa un ser pensante cuando responde una pregunta acerca de un ordenamiento lineal. Potts pidió a sus sujetos que leyeran un párrafo acerca de un orden lineal de la forma A>B, B>C, C>D como aparece en el cuadro 6-21. Un descubrimiento interesante fue que los sujetos eran más precisos para responder las preguntas sobre los pares alejados como A>C, B>D y A>D que cuando respondían sobre los pares adyacentes A>B, B>C y C>D, aun cuando los primeros no habían sido presentados y debían deducirse de los adyacentes. Este «efecto de distancia» indicaba que los sujetos no copian simplemente la lista de las tres proposiciones presentadas (es decir, tres oraciones separadas) en su memoria, sino que parecen haber formado una especie de lista ordenada como una lista espacial. Cuando se les pedía a los sujetos un ordenamiento de ciertos animales —oso>halcón>lobo>ciervo, respondiendo a una pregunta como «¿Es el halcón más astuto que el ciervo?»— utilizaban una especie de estrategia de amarre final, desde la perspectiva de Potts. Primero comprobaban si cada término de la pregunta era un término final en el ordenamiento. Por ejemplo, halcón, ¿es el primero o el último término del ordenamiento? y

Cuadro 6-21 Tiempo medio de respuesta en segundos a 12 problemas de deducción

Pasaje típico

En un pequeño bosque al sur de ninguna parte, un ciervo, un oso, un lobo y un halcón luchaban por el dominio de la tierra. Se trataba de una batalla de mentes, de modo que el factor crucial era la inteligencia. El oso era más listo que el halcón, el halcón era más listo que el lobo, y el lobo era más listo que el ciervo... Al final, cada una de las batallas quedó decidida a su manera y la tranquilidad volvió a reinar.

Resultados típicos

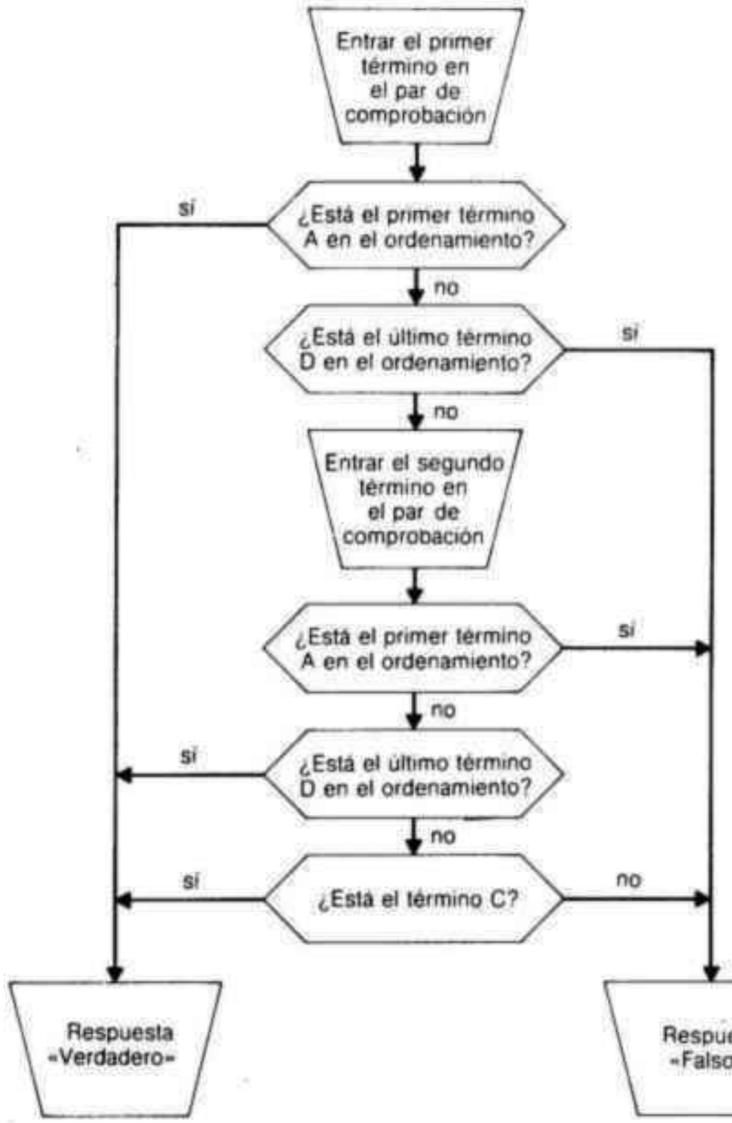
Forma de la pregunta	Tiempo medio de respuesta en segundos
¿A > B?	1,1
¿B > C?	2,1
¿C > D?	2,0
¿A > C?	1,1
¿B > D?	1,8
¿A > D?	1,0
¿B > A?	1,8
¿C > B?	2,2
¿D > C?	1,7
¿C > A?	1,8
¿D > B?	1,7
¿D > A?	1,3

De Potts (1972, 1974)

el ciervo ¿es el primero o el final del ordenamiento? Si no lo eran, entonces tenían que procesar más profundamente, y comprobar, por ejemplo, si el primer término de la pregunta era el inmediatamente anterior al último término en el ordenamiento. Los resultados de Potts aparecen en el cuadro 6-21. Como lo predice el modelo, por ejemplo las preguntas de forma «¿Es B>C?» y «¿Es C>B?» necesitan más tiempo de solución puesto que requieren un procesamiento más profundo del modelo, mientras que las preguntas que comienzan con el término A («¿Es A>C?») son más rápidas de resolver. El trabajo de Potts es un buen ejemplo de cómo pueden establecerse los modelos cognitivos del proceso de razonamiento y en este caso da también una descripción más detallada del efecto de amarre final.

Además, Potts (1972) creó un proceso modelo para describir los pasos que pudiera haber en la solución de deducciones con un ordenamiento lineal de cuatro términos. El proceso de razonamiento del sujeto es representado por

Cuadro 6-22 Modelo de procesamiento de información con ordenamientos lineales de cuatro términos



De Potts (1972)

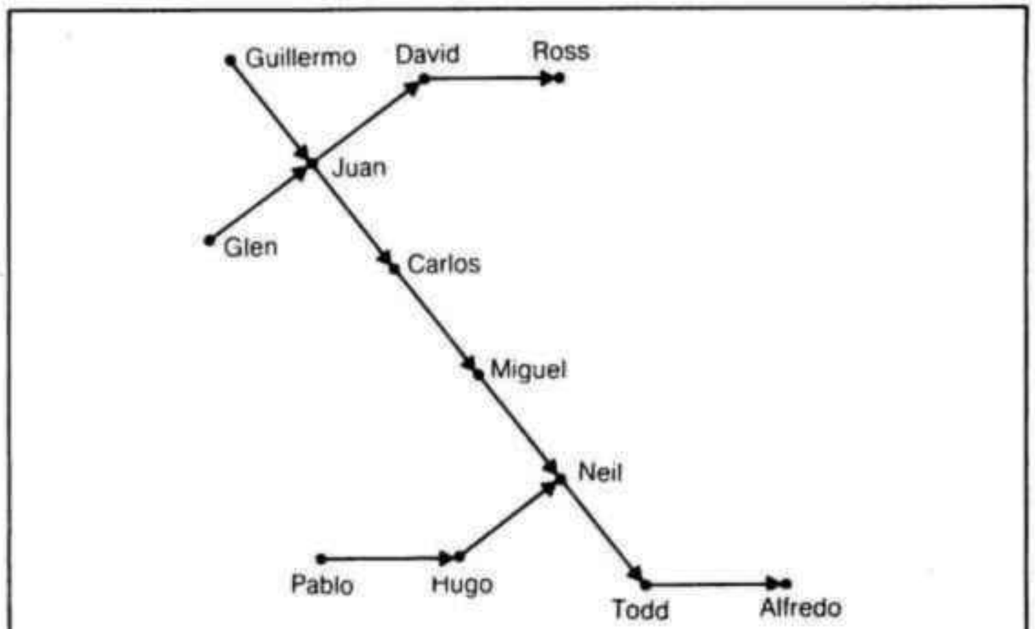
un gráfico de flujo como en el cuadro 6-22. Cuando el sujeto ha aprendido un orden como A>B>C>D y se le presenta una pregunta —«¿Es A>C?», por ejemplo—, el modelo sugiere los siguientes estadios: El primer ítem de la pregunta se controla para saber si es el primero del ordenamiento (si es así,

respuesta Verdadera) o el último del ordenamiento (respuesta Falsa). Si no, se comprueba si el segundo ítem de la pregunta es el primer ítem del ordenamiento (si es así, respuesta Falsa) o el último ítem del ordenamiento (respuesta Verdadera). Si ninguna de estas comprobaciones produce una respuesta, el sujeto comprueba si el segundo ítem de la pregunta es el anterior al último en el ordenamiento; si es así, responde Verdadero y si no, Falso. El modelo aporta predicciones específicas que pueden ser comprobadas, por ejemplo, preguntas-prueba con A o D en el primer lugar deberían responderse más rápidamente que las preguntas-prueba con B o C en el primer lugar, pero A o D en el segundo llevarán un poco más de tiempo y las preguntas-prueba con B o C como primer y segundo ítem deberían llevar más tiempo. El modelo de Potts es parcialmente una reformulación de la idea del amarre final y aporta una forma nueva y verificable de presentar la idea.

La investigación de Potts (1972, 1978; Scholz y Potts, 1974) sugiere que los sujetos forman una representación integrada en el momento de la codificación. Sin embargo, una estrategia de codificación alternativa podría ser memorizar cada premisa tal como está presentada y luego combinarlas para poder inferir en el momento de la pregunta. Para verificar la idea de que los sujetos pueden utilizar cualquiera de estas estrategias, Mayer (1979) presentó a sus sujetos todos los pares lejanos y adyacentes de un ordenamiento lineal de cinco términos. Para algunos sujetos, la información estaba en una forma artificial o abstracta, como «B>D». Para otros la información se presentaba en una forma más familiar, como «Pedro es más alto que David». El grupo artificial trabajó como si hubieran memorizado cada premisa por separado, y cometió errores equivalentes en el aprendizaje tanto de los pares lejanos como de los adyacentes. El grupo familiar trabajó como si hubieran formado un ordenamiento lineal, como en los experimentos de Potts; cometieron menos errores en los pares remotos que en los adyacentes.

En otro estudio, Moeser y Tarrant (1977) pidieron a los sujetos que se aprendieran una red de comparaciones como las que se muestran en el cuadro 6-23. Los pares adyacentes estaban presentados como «Pedro es mayor que Juan». El rendimiento en un test subsiguiente reveló que los sujetos usaban el doble de tiempo para responder preguntas sobre pares alejados que sobre pares adyacentes. Aparentemente, el complejo sistema de la estructura impedía a los sujetos que formaran una representación integrada y les alentaba a memorizar cada premisa por separado. Sin embargo, cuando Moeser y Tarrant presentaron las premisas dentro de un contexto con más sentido, como por ejemplo «Pedro, que tiene noventa años, es más viejo que Juan, que tiene sesenta», el rendimiento en el test fue el mismo para los pares alejados que para los pares adyacentes. Estos resultados sugieren que los sujetos tienden a formar representaciones integradas bajo determinadas circunstancias tales como la disponibilidad de un marco evidente, pero tienden a memorizar cada premisa por separado bajo otras circunstancias.

Cuadro 6-23 Una red de relaciones a pares



De Moeser y Tarrant (1977)

Evaluación

La tarea del razonamiento silogístico, lo mismo que la tarea de inducción de conceptos considerada en el capítulo 5, ha sido un vehículo importante para el estudio del pensamiento humano. De modo que el paradigma de aprendizaje de conceptos y la tarea de razonamiento silogístico tienen la ventaja de construir un método conocido sobre el que se está de acuerdo y la desventaja de ser un tipo específico de razonamiento que puede tener características no generalizables.

El hilo conductor de este capítulo podríamos decir que eran los errores atribuibles a la codificación defectuosa o incompleta de las premisas más que a procesos lógicos defectuosos en los seres humanos. El punto central de gran parte de la investigación sobre el razonamiento silogístico recae sobre la forma en que las personas se representan las premisas. Además, algunas de las interpretaciones erróneas quedan bloqueadas cuando se utilizan premisas reales. Este punto de vista racionalista no está aceptado universalmente. Muchos teóricos sostienen que el razonamiento humano es, en verdad, defectuoso, en el sentido en que no se corresponde con las leyes de la lógica formal (Evans, 1980). Además, hay otros modelos que describen el razonamiento lineal, categórico y condicional (Sternberg, 1980).

El hecho de que la lógica humana y la lógica formal no siempre coincidan ha sido el origen de diversos puntos de vista interesantes acerca de los procesos humanos del pensamiento. Sin embargo, son necesarios todavía más esfuerzos para relacionar este trabajo con otras teorías sobre la resolución humana de problemas y los procesos de la memoria. Como verá el lector en los capítulos 9 y 10, existe ahora una literatura creciente sobre los procesos de reintegración en la memoria de la información conjunto-subconjunto (COLLINS y QUILLIAN, 1969; RIPS, SHOBEN y SMITH, 1973) y sobre el almacenaje de las proposiciones en la memoria (KINTSCH, 1972). Estos nuevos desarrollos se deberán integrar a las conceptualizaciones del razonamiento deductivo.

Lecturas recomendadas

FALMAGNE, R. (Comp.): *Reasoning: Representation and process*. Hillsdale, N.J. Erlbaum, 1975. Una buena selección de conferencias sobre los temas actuales en psicología sobre el razonamiento deductivo.

JOHNSON, D.M.: *A systematic introduction to the psychology of thinking*. Nueva York. Harper & Row, 1972. El capítulo 6 hace una revisión de la literatura básica sobre razonamiento deductivo.

JOHNSON-LAIRD, P.N. y WASON, P.C.: *Thinking: Readings in Cognitive Science*. Cambridge. Cambridge University Press, 1978. La sección sobre la deducción incluye una revisión y varios artículos clásicos.

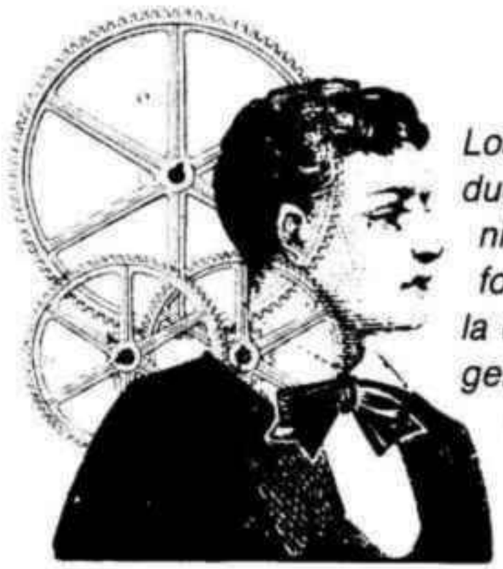
REVLIN, R. y MAYER, R.E.: *Human reasoning*. Nueva York, Wiley/Winston, 1978. Una selección de proyectos de investigación actuales sobre razonamiento deductivo, con una introducción general sobre los silogismos.

WASON, P.C. y JOHNSON-LAIRD, P.N.: *Thinking and reasoning*. Baltimore, Md. Penguin, 1968. Artículos clásicos de Chapman y Chapman, Henle, y DeSoto, London y Handel.

WASON, P.C. y JOHNSON-LAIRD, P.N.: *Psychology of reasoning: Structure and content*. Londres, Batsford, 1972. Investigación teórica y básica sobre el razonamiento silogístico.

Tercera parte

ANALISIS DE LA COGNICION COMO PROCESAMIENTO DE INFORMACION



Los cuatro capítulos siguientes introducen al lector al enfoque de la cognición desde el procesamiento de información. Si bien este enfoque de la cognición no constituye una teoría general como la teoría asociacionista o de la Gestalt, aporta técnicas para analizar en partes los procesos y estructuras cognitivas. En estos capítulos el lector verá cómo el enfoque de procesamiento de la información analiza las estrategias para la solución de problemas (cap. 7), las capacidades cognitivas (cap. 8) y el conocimiento verbal (caps. 9 y 10). El enfoque desde el modelo de procesamiento de información aporta técnicas que incorporan aspectos del asociacionismo —por ejemplo, el enfoque atomístico— y de la Gestalt —el papel de la organización—. Sin embargo el modelo de procesamiento de información es más un conjunto de instrumen-

tos para analizar la cognición que una teoría general sobre la misma.

Los capítulos 7 al 10 comienzan cada uno con un mecanismo particular de análisis —como el análisis del espacio del problema o modelos de procesamiento o teorías del conocimiento mediante esquemas— y luego muestra cómo pueden aplicarse a las tareas cognitivas. En estos capítulos las técnicas de análisis disponibles guían el estudio de la resolución de problemas. Este enfoque consiste en mostrar cómo el proceso de resolución de problemas puede analizarse en partes. Obsérvese que estas técnicas también se describen en los capítulos 5 y 6 sobre inducción y deducción, así como más adelante en la cuarta parte.

La tercera parte estudia diversas instrumentaciones básicas de análisis, incluyendo modelos de estrategia, procesos, esquemas y memoria semántica. Si bien éstas son técnicas para describir procesos y estructuras cognitivas, no constituyen una teoría general de la resolución de problemas. Actualmente el enfoque de procesamiento de información es lo más cercano a una teoría unificada de la cognición. Sin embargo el lector advertirá que las técnicas son simplemente una colección de estrategias, sin ningún tema general integrador. En los capítulos 7 al 10, el lector verá hasta dónde hemos llegado en el desarrollo de teorías sobre la resolución de problemas y hasta dónde debemos llegar todavía.

7 Simulación de computadoras: El pensamiento como la búsqueda de una vía de solución

Definición del pensamiento por la simulación de una computadora
La cibernética
La simulación de la lógica de la computadora
El que resuelve el problema
El espacio del problema
Buscando a través del espacio del problema
Una consideración más detallada del análisis de medios y fines
GPS: Un ejemplo

Tareas de lenguaje natural

El cuadro 7-1 es el protocolo o la transcripción de una parte de una sesión de terapia entre un doctor (D) y un paciente (P). Mientras lea la transcripción, juzgue el lector si el D es un terapeuta humano o una computadora. ¿Cuál es su veredicto?

Se sorprenderá al saber que esta discusión tuvo lugar ante el tablero de una computadora y mientras el paciente tecleaba las oraciones, la computadora respondía por teletipo o videoscopio. Programas terapéuticos como éste, así como programas que simulan síntomas neuróticos, fueron creados para determinar si es posible describir una técnica terapéutica o un síndrome mental con la suficiente precisión que pueda expresarse como en un programa de computadora (WEIZENBAUM, 1968; COLBY, 1965; COLBY, WATT y GILBERT, 1966). Los programadores, por supuesto, no pretendían que su programa rogeriano reemplazara a CARL ROGERS (1961) y a sus discípulos, pero su programa demuestra ser un adelanto fundamental en las teorías del procesamiento del conocimiento humano. Una teoría de lo que hace un terapeuta cuando realiza una terapia, o lo que hace un jugador de ajedrez mientras juega al ajedrez, o lo que hace el que resuelve un problema mientras resuelve un problema, puede ser especificada en términos muy exactos como una lista de cosas a hacer, en resumen, como en un programa de computadora. Por tanto, teorías de los procesos del conocimiento

humano pueden ser generadas y expresadas como programas de computadoras y *verificadas*, observando si funcionan, es decir, si realizan una terapia, si juegan al ajedrez, si resuelven problemas como lo haría una persona. Los programas que «comprenden» el lenguaje natural son una ayuda (como los del cuadro 7-1) para el desarrollo de teorías sobre la memoria y psicolingüística; sin embargo, los programas que resuelven problemas son específicamente más importantes para las teorías del pensamiento humano.

* * *

Tareas MOVE

Las computadoras pueden resolver problemas de inducción y deducción como los descritos en los capítulos 5 y 6. Sin embargo, el trabajo de simulación de computadoras considerado en este capítulo se centra en las tareas MOVE. Los problemas MOVE tienen un estado inicial bien definido, un estado final bien definido y un conjunto bien definido de operadores permitidos o movimientos. Los problemas MOVE incluyen aspectos de los problemas de transformación y problemas de ordenamiento de GREENO (1978) como los estudiados en el capítulo 1. SIMON (1978) ha señalado que la simulación de estrategias de computadoras para resolver problemas ha sido particularmente exitosa con los problemas bien definidos —como nuestros problemas MOVE— y no con los problemas pobremente definidos que se nos presentan en la vida diaria.

Los ejemplos de problemas MOVE que han sido expuestos en la simulación de computadora incluyen el problema del disco que aparece en el cuadro 4-3 del capítulo 4 (ERNST y NEWELL, 1969) y los problemas de cruzar el río, como el problema de los hobbits y los orcos del cuadro 3-12 del capítulo 3 (ERNST y NEWELL, 1969) y del cuadro 3-14 (NEWELL y SIMON, 1972).

Para obtener una descripción exacta del proceso de solución de esos problemas, el primer paso es analizar el rendimiento de un sujeto que resuelve un problema. A medida que el sujeto resuelve el problema, se le pide que describa los procesos mentales que realiza. De modo que las simulaciones del pensamiento en computadora pueden comenzar con lo que se denomina «protocolo de pensar en voz alta», una transcripción de la descripción por un sujeto de lo que pasa por su cabeza a medida que va resolviendo el problema. El cuadro 7-2 constituye una parte del protocolo de un sujeto que resuelve el problema DONALD + GERALD = ROBERT. NEWELL y SIMON (1972) dedicaron un capítulo íntegro a este comportamiento del sujeto, incluyendo 18 páginas de puro protocolo y casi 100 páginas en total. ¿Puede el lector reconocer alguna estrategia o conjunto de procedimientos que esté utilizando

Cuadro 7-1

P: Todos los hombres son iguales.
D: ¿En qué sentido?
P: Siempre nos están azuzando.
D: ¿Puede darme algún ejemplo específico?
P: Bueno, mi novio me hizo venir aquí.
D: ¿Su novio la hizo venir aquí?
P: Dice que siempre estoy deprimida.
D: Siento que esté Ud. deprimida.
P: Es verdad. Soy desdichada.
D: ¿Piensa que venir aquí la ayudará a dejar de serlo?
P: La verdad es que necesito ayuda.
D: ¿Qué significaría para Ud. obtener alguna ayuda?
P: Tal vez lograría llevarme mejor con mi madre.
D: Cuénteme acerca de su familia.
P: Mi madre cuida de mí.
D: ¿Quién más de la familia cuida de Ud.?
P: Mi padre.
D: Su padre.
P: Ud. de algún modo se parece a mi padre.
D: ¿En qué sentido?
P: Ud. no es muy agresivo pero pienso que no quiere que yo lo advierta.
D: ¿Qué le hace pensar que no soy muy agresivo?
P: No discute conmigo.
D: ¿Por qué cree que no discuto con Ud.?
P: Porque me tiene miedo.
D: ¿Le agrada pensar que le tengo miedo?
P: Mi padre tiene miedo de todo el mundo.
D: ¿Qué otra cosa se le ocurre cuando piensa en su padre?
P: Intimidaciones.
D: ¿Tiene eso algo que ver con el hecho de que su novio la hizo venir aquí?

De WEIZENBAUM (1968)

el sujeto? Newell y Simon señalan que en el paso 5 el sujeto está sustituyendo el dato en la ecuación, en el paso 7 hace una inferencia basada en tener dos números en una columna y en los pasos 10 y 12 está utilizando una estrategia para buscar letras «conocidas» y así sucesivamente. Observando cuidadosamente los procedimientos generales utilizados por sujetos individuales, Newell y Simon fueron capaces de producir un programa de computadora que resolviera problemas criptoaritméticos semejantes y de manera aparentemente análoga a los métodos humanos.

¿En qué otro tipo de «pensamiento» pueden comprometerse las computadoras?

Las listas en permanente expansión hasta ahora incluyen:

Resolver problemas de álgebra con narración (BOBROW, 1968).

Cuadro 7-2 Protocolo para el problema DONALD + GERALD = ROBERT

Problema

```
  DONALD
+ GERALD
--------
  ROBERT
```

Encontrar un número para cada letra, dado que D = 5, que cada número entre 0 y 9 tiene una letra correspondiente y que cada letra tiene un solo número.

Protocolo

1. Cada letra tiene uno y sólo un valor numérico.
2. (E: Un valor numérico).
3. Hay 10 letras diferentes.
4. Y cada una de ellas tiene un valor numérico.
5. Por lo tanto, puedo, mirando las dos D...
6. Cada D es 5.
7. Por lo tanto, T es cero.
8. Por lo tanto, comenzaré por escribir el problema.
9. Escribiré T, T es cero.
10. ¿Tengo alguna otra T?
11. No.
12. Pero tengo otra D.
13. Eso significa que tengo un 5 arriba en el otro lado.
14. Ahora tengo dos A.
15. Y dos L.
16. Que son cada una...
17. en alguna parte
18. y esta R
19. Tres R.

(Continúan para 321 unidades)

De Newell y Simon (1972)

Resolver problemas geométricos (Gelernter, 1960; Greeno, 1978).

Generar pruebas lógicas (Newell, Shaw y Simon, 1957).

Jugar al ajedrez (Newell, Shaw y Simon, 1958; Newell y Simon, 1972).

Jugar a las damas (Samuel, 1963).

Aprendizaje de conceptos (Gregg y Simon, 1967; Simon y Kotovsky, 1963).

Resolver problemas de analogía (Evans, 1968; Reitman, 1965).

Producir terapia rogeriana y personalidad neurótica (Colby, 1965; Colby, Watt y Gilbert, 1966; Weizenbaum, 1968).

Resolver problemas generales (Ernst y Newell, 1969).

Resolver problemas lógicos y deductivos (Newell y Simon, 1972).

Comprender descripciones de problemas (Hayes y Simon, 1974, 1977; Simon y Hayes, 1976).

Comprender el lenguaje natural (Winograd, 1972).

Comprender dibujos simples (Winston, 1975).

Comprender diagramas de circuito electrónico (Sussman y Stallman, 1975).

Diagnosticar síntomas médicos (Shortliffe, 1976; Pople, 1977).

Diagnosticar errores en los procedimientos aritméticos de los niños (Brown y Burton, 1978).

Analizar la estructura química de espectrogramas de masa (Buchanan, Sutherland y Feiganbaum, 1969).

Enseñar estrategias de programación de computadoras (Papert y Solomon, 1971).

Enseñar como un tutor socrático (Stevens y Collins, 1980).

Definición del pensamiento por simulación de computadora

El enfoque por simulación de computadora del pensamiento presupone que quien resuelve un problema lo hace aplicando operadores a los estados del problema. Un *operador* es cualquier movimiento que el que resuelve el problema considera legal, y el operador puede ser aplicado físicamente, como mover un disco de una varilla a otra, o aplicado mentalmente pensando acerca del movimiento. Un *estado del problema* es una descripción de los elementos del problema, como decir que todos los discos están en la varilla 1. Cuando se aplica un operador se cambia el problema de un estado a otro. De modo que resolver problemas o pensar puede representarse en una de dos formas:

> Una secuencia de procesos u operaciones mentales realizadas sobre la información en la memoria de un sujeto.
>
> Una secuencia de estados o cambios internos en la información que progresa hacia el objetivo.

El objetivo del psicólogo en la simulación de computadora es definir con precisión la estrategia que utiliza el que resuelve el problema para generar una secuencia de movimientos.

En un sentido, la simulación de computadora es un refinamiento del punto de vista asociacionista del pensamiento como selección de la respuesta correcta en la jerarquía de respuestas, puesto que el que resuelve el problema aplica una secuencia de movimiento hasta que el problema queda resuelto. Sin embargo, también en un sentido la simulación de computadoras no es una teoría sino más bien un método para describir las estrategias utilizadas en el

proceso de resolución de problemas. Como tal, ofrece un método para describir y comprobar las teorías opuestas sobre el pensamiento.

Simon (1978, 1979), que pronto se convirtió en un pionero en el enfoque por simulación de computadoras, sugirió que toda discusión de este problema debe tener en cuenta tres componentes principales:

El que resuelve el problema, al que denomina «sistema de procesamiento de información».

El problema, al que denomina «el entorno de la tarea».

La representación del problema, que denomina «espacio del problema».

La resolución de un problema se produce cuando alguien que resuelve un problema lo traduce en una representación interna y luego busca un camino a través del espacio del problema desde el estado dado al estado final. Este capítulo considera algunas ideas clave propuestas en la concepción de Simon sobre la resolución de problemas. En primer lugar consideramos la idea de que puede aplicarse el mismo enfoque teórico a los que resuelven el problema, ya sean seres humanos o computadoras. Luego, investigamos dos técnicas fundamentales para referirse a la solución de problemas: 1) representación de los problemas como espacios de problemas y 2) la solución de los problemas como búsqueda de estrategias a través del espacio del problema.

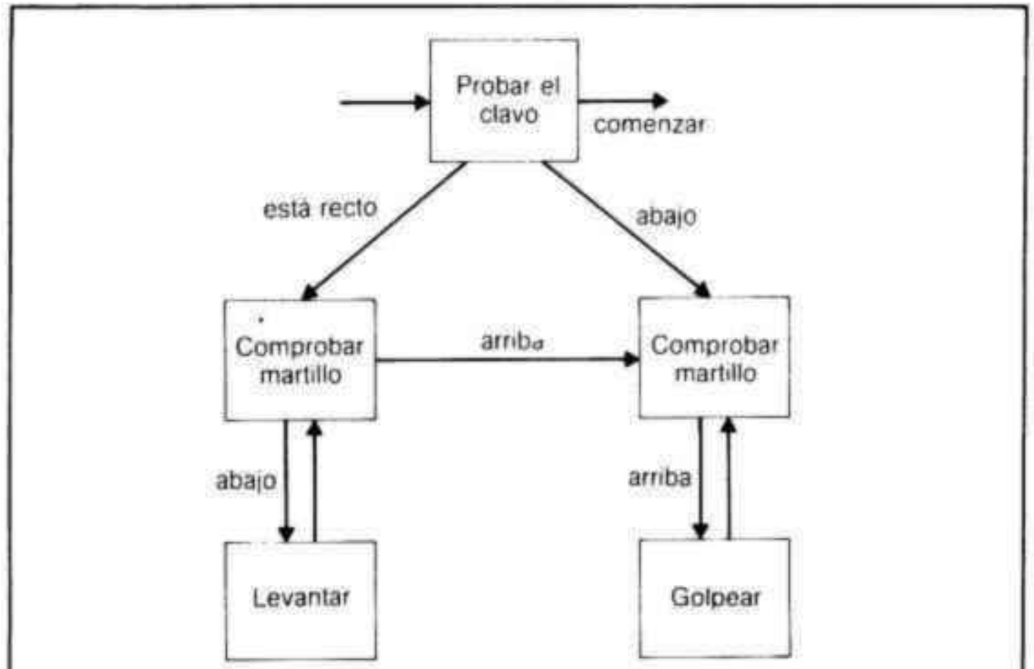
Cibernética

La revolución cibernética (Weiner, 1948), que implica la idea de la realimentación y los servomecanismos, más el rápido desarrollo de computadoras sofisticadas y de programas para las mismas, influyó notoriamente en el enfoque del pensamiento desde el procesamiento de información. Este enfoque está basado en dos metáforas del campo de las computadoras: 1) la analogía *humano-máquina*, en la que el ser humano se considera como una computadora compleja, y 2) la analogía *pensamiento-programa*, en la cual los procesos de pensamiento utilizados por los seres humanos pueden ser considerados como programas de computadora.

Las principales ideas útiles que aporta el campo de la cibernética para desarrollar una teoría sobre la resolución de problemas son:

1. *Circuitos realimentados y homeostasis.* La idea de que un sistema adaptativo vigila continuamente la diferencia entre su estado actual y su estado deseado, y realiza acciones para reducir las diferencias que pueda detectar.
2. *Estructura jerárquica.* La idea de que cualquier proceso complejo o comportamiento complejo puede ser representado como una jerarquía de procesos simples entrelazados.

Cuadro 7-3 Un plan jerárquico para clavar clavos



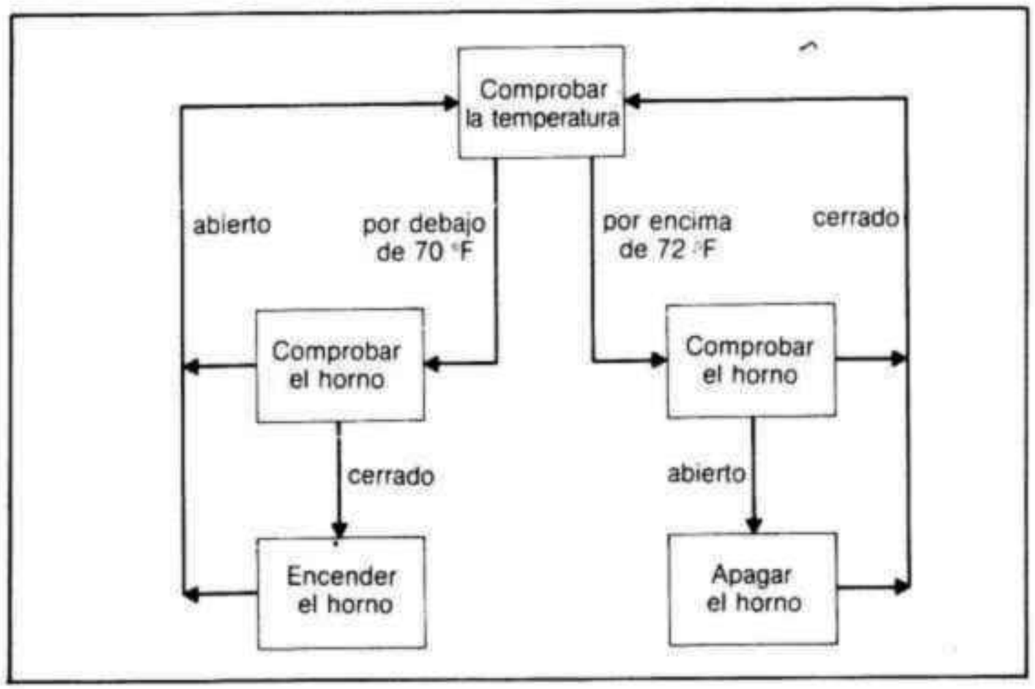
Adaptado de Miller, Galanter y Pribram (1960)

Circuitos realimentados y homeostasis

Miller, Galanter y Pribram (1960) introdujeron un ejemplo popular de un sistema de realimentación para describir los procesos cognitivos necesarios para martillar un clavo (véase cuadro 7-3). El plan que se muestra en el cuadro se llama TOTE (Test-Opera-Test-Exit) y es simplemente una jerarquía de operaciones con realimentación. Escritos como programa de computadora, estos procesos también pueden transcribirse como una lista que se lee de arriba abajo:

1. Comprobar el clavo. Si sirve, pasar a 2; si no, stop.
2. Comprobar el martillo. Si está hacia abajo, levantar; si no, pasar a 3.
3. Golpear el clavo.
4. Pasar a 1.

Cuadro 7-4 Plan para regular la temperatura



Aunque pueda resultar extraño que los psicólogos estén tan interesados en cómo clavar un clavo, las técnicas como los gráficos de flujo y los programas son importantes porque permiten a los psicólogos especificar sus teorías de los procesos cognitivos necesarios para determinada tarea intelectual con precisión.

Desgraciadamente, este tipo de representaciones no hace grandes distinciones entre procesos humanos y no humanos de pensamiento. Por ejemplo, en el cuadro 7-4 se muestra el proceso de pensamiento de un termostato. El gráfico de flujo también puede ser representado como un programa:

1. Comprobar temperatura. Si por debajo de 70°, pasar a 2; si por encima de 72°, pasar a 5; si no, pasar a 1.
2. Comprobar el horno. Si encendido, pasar a 1; si no, pasar a 3.
3. Encender el horno.
4. Pasar a 1.
5. Comprobar el horno. Si apagado, pasar a 1; si no, pasar a 6.
6. Apagar el horno.
7. Pasar a 1.

El desarrollo de estas formas de describir los procesos cognitivos internos depende obviamente en gran medida de la analogía con las computadoras y se concentra particularmente en el papel de la realimentación.

Estructura jerárquica

MILLER, GALANTER y PRIBRAM (1960) afirmaron que los TOTEs son los elementos con que se construyen todos los tipos de comportamientos complejos. Por ejemplo, puede haber TOTEs dentro de otros TOTEs. El TOTE de clavar un clavo puede ser una parte de un plan mayor para construir un armario, que es parte de un plan mayor para construir una cocina y así sucesivamente. De modo que un comportamiento complejo puede describirse como una jerarquía de comportamientos simples que lo componen.

En un artículo apasionante, *The Architecture of Complexity*, SIMON (1969) argumentó también que el comportamiento de los sistemas complejos puede describirse como una jerarquía de partes simples. Como ejemplo de las ventajas de la estructura jerárquica, Simon presentó una parábola sobre dos relojeros. Tempus y Hora son dos artesanos cuidadosos y populares que construyen relojes formados por mil partes. Tempus construye sus relojes como una reunión simple de mil partes, de modo que si es interrumpido por alguno de sus clientes en la mitad del trabajo, el reloj a medio armar se descompondrá en sus partes originales. Los relojes de Hora son igualmente complejos, pero él los construye a partir de unidades, cada una de 10 piezas. Así, 10 piezas forman una unidad, 10 unidades hacen una unidad mayor, y 10 de las unidades mayores forman el reloj. Si Hora es interrumpido, sólo pierde una pequeña parte del trabajo realizado. De modo que el método de Hora para construir el reloj es más eficiente; por ejemplo, Simon estimó que Tempus perdería un promedio de 20 veces más trabajo por interrupción que Hora. Además, Simon sugirió que la eficiencia de la estructura jerárquica puede comprobarse en los sistemas biológicos, en los sistemas sociales y en el comportamiento humano de resolución de problemas.

Recientemente HOFSTADTER (1980) ha enfatizado la importancia de la *recursividad*, es decir, historias dentro de historias, secuencias de acción dentro de otras secuencias de acción o programas de computadora dentro de otros programas de computadora. Por ejemplo, suponga el lector que quiere aprender algo sobre resolución de problemas. Para resolver este problema debe leer este capítulo. Sin embargo, para leer este capítulo deberá disponer de algún tiempo. Para resolver este problema el lector podrá decidir quedarse despierto hasta tarde. Además, necesitará algo para no quedarse dormido. Para resolver ese problema tomará cantidades de café caliente. Este «problema» implica meter problemas dentro de otros problemas, es un ejemplo de recursividad. Hofstadter sugiere que los ejemplos más interesantes de recursividad contienen *circuitos extraños*, reglas que pueden actuar sobre otras reglas y modificarlas. En efecto, los principios de programación de computadoras demuestran que un comportamiento complejo y nuevo puede ser generado por medio de una jerarquía de partes simples que respondan a la realimentación y que puedan actuar sobre sí mismas.

Lógica de simulación por computadoras

¿Por qué alguien dedicaría su tiempo a programar una computadora para resolver problemas? Los motivos probablemente son variados, pero la razón que dan muchos de quienes hicieron los primeros intentos es que querían saber si las máquinas pueden resolver problemas. El desarrollo de programas de computadora que utilizan inteligencia para resolver problemas o para mantener una conversación es el campo al que se denomina de la *inteligencia artificial*. Un subcampo de particular interés para los psicólogos cognitivos es el desarrollo de sistemas de computación que tengan el mismo comportamiento para resolver problemas que los humanos, es decir, un comportamiento que simule ser un comportamiento humano. A este campo se le ha llamado *simulación por computadoras*. Si el lector estuviera interesado en construir una máquina que sirviera de enciclopedia y respondiera a toda pregunta oral, como la R2D2 de la *Guerra de las Galaxias* o COMPUTADORA en *Viaje a las Estrellas*, probablemente no le importaría que su sistema de almacenaje y su sistema de percepción de lenguaje fueran iguales a los humanos con tal de que funcionara. Su interés estaría en la inteligencia artificial. Sin embargo, si el lector tuviera una teoría particular acerca de cómo los seres humanos resuelven los problemas (no necesariamente el mejor método o el más lógico) podría utilizar la simulación por computadoras para comprobar su teoría. La lógica de la simulación por computadora es simple: si un programa de computadora produce el mismo comportamiento para resolver problemas que un humano, entonces la serie de operaciones son una representación ajustada del proceso humano de pensamiento.

El método experimental utilizado con la simulación por computadoras por lo general implica pedir a los sujetos que resuelvan problemas y mientras lo hacen dar una descripción de su proceso de pensamiento y comportamiento. A partir de análisis cuidadosos de los *protocolos* así obtenidos (la transcripción de todos los comentarios de los sujetos), el experimentador puede deducir una descripción de los procesos mentales que el sujeto utilizó para resolver el problema. Especificando estos procesos como un programa de computadora, el experimentador tiene una descripción precisa que puede ser verificada alimentando con ella una computadora y observando hasta dónde el protocolo de la computadora es igual al del sujeto. Si la concordancia es mucha, el experimentador puede concluir que la descripción del programa del proceso de resolución de problemas es exacta; si no, es necesario construir un nuevo programa e intentarlo otra vez.

Si bien la simulación por computadoras ofrece una nueva herramienta para generar y comprobar teorías sobre el pensamiento humano, gran parte de la atención popular se dirige sobre un tema complementario: ¿cómo podemos saber si una máquina piensa? Años antes de que existiera la tecnología de la simulación por computadora, el matemático TURING (1950) escribió un

artículo titulado «¿Pueden pensar las máquinas?», en el cual proponía el test siguiente, ahora llamado el Test de Turing. Poner dos teletipos y una persona actuando como juez en una habitación. El juez puede hacer las preguntas que quiera escribiendo en el teclado. Un teletipo está conectado con otra persona que comunica tecleando sus respuestas y otro está conectado a una computadora que también teclea sus respuestas. Si el juez humano no puede decir cuál es el teletipo que está conectado con la persona humana, entonces la computadora está pensando.

Existe por supuesto una grieta interesante en la «lógica» de la simulación por computadora. ¿Sólo porque una computadora y un ser humano den el mismo comportamiento como resultado eso quiere decir que realmente están utilizando los mismos procesos cognitivos? Además, los estados del protocolo pueden no reflejar con precisión los estados internos. La idea parece particularmente absurda a la luz del hecho de que las computadoras utilizan componentes totalmente diferentes de los del cerebro humano. Sin embargo, un programa de computadora es una vía muy precisa y comprobable para establecer una teoría del pensamiento humano y como tal ofrece una oportunidad para ir más allá de las vagas teorías de los guestaltistas. Hablar acerca de programas y de estados puede no ser más absurdo que hablar de pensamientos o ideas: todas son abstracciones que en última instancia deben ser descritas de forma que aporten comprobaciones claras.

El que resuelve el problema

¿Qué aporta el que resuelve el problema a la situación de resolución de problemas? LINDSAY y NORMAN (1972) distinguen diversos tipos de conocimientos que se usan en la resolución de problemas:

> *hechos*, proposiciones básicas que son inmediatamente accesibles para el sujeto,
>
> *algoritmos*, conjuntos de reglas que automáticamente generan respuestas,
>
> *totales*, reglas de aprobación o planes generales de acción o estrategias.

Por ejemplo, generar una solución para la pregunta «¿Cuánto es 8 × 4?» implica un hecho; generar una solución para «¿Cuánto es 262 × 127?» requiere un algoritmo; y una estimación de la respuesta correcta redondeada en números manejables implicaría un tipo de conocimiento total.

Los algoritmos garantizan respuestas específicas puesto que simplemente aplican un conjunto de reglas pasadas a una situación nueva. El conjunto de reglas puede ser almacenado como una *subrutina*, ahorrando así carga de

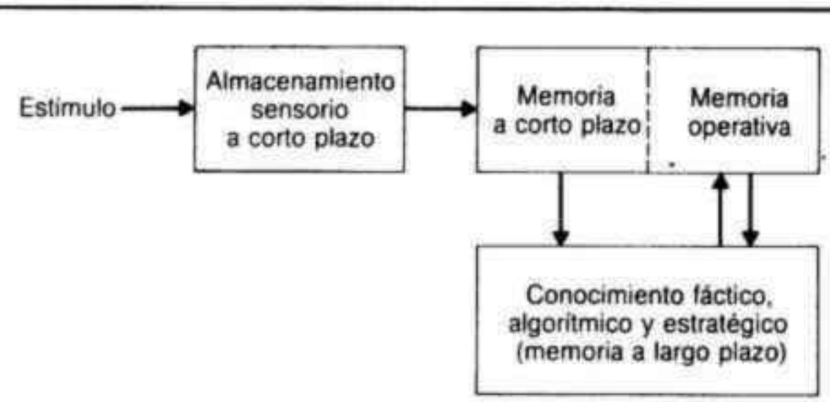
Cuadro 7-5 El proceso de resolver un problema

Adaptado de ERNST y NEWELL (1969)

memoria. El heurístico, por otra parte, puede no siempre generar una solución para el problema. Por ejemplo, el heurístico de encontrar un problema relacionado o análogo o dividir el problema en subproblema puede ayudar, pero no garantizar la solución. Un heurístico importante es el *análisis de medios y fines*, que se considerará más adelante en este mismo capítulo.

ERNST y NEWELL (1969) dieron una descripción simplificada de cómo está implicado el que resuelve el problema en la situación problemática (ver cuadro 7-5). El *input* —es decir, el problema— es activado por un *traductor* que lo convierte en una *representación interna* (incluyendo el estado inicial, el estado final y los medios para decir cuáles estados del problema están más cerca del estado final) que produce *técnicas de resolución de problemas* que generan la *solución*. A pesar de la contribución de la teoría de la asimilación del pensamiento y la idea de la fijeza funcional de la teoría de la Gestalt, se ha prestado muy poca atención a este proceso de traducción. La representación interna de un problema puede adquirir formas diversas, incluyendo la representación espacial del problema que ya hemos tratado, y las técnicas de solución de problemas pueden ser representadas como operadores, hechos, subrutinas y heurísticos.

Cuadro 7-6 Componentes de la memoria



Adaptado de GREENO (1973)

GREENO (1973) propuso el modelo de memoria para la resolución de problemas que se muestra en el cuadro 7-6. Los tres componentes principales y de interés para describir la solución de un problema son:

Memoria a corto plazo (MCP), por la cual se ingresa la descripción interna del problema.

Memoria a largo plazo (MLP; memoria semántica y fáctica), que almacena la experiencia pasada con soluciones de problemas tales como hechos, algoritmos, heurísticos, problemas relacionados y así sucesivamente.

Memoria operativa (MO), en la cual interactúa la información aportada por MLP y MCP y se genera y verifica la solución.

Una descripción del problema que incluye el estado inicial, el estado final y los operadores legales, llega hasta la memoria operativa por medio de la memoria a corto plazo como lo representan las flechas que van de MCP a MO; y la experiencia pasada acerca de cómo resolver el problema ingresa a la memoria operativa desde MLP, como lo representa la flecha que va de MLP a MO. Las flechas que van de MO a MCP y de MLP a MCP sugieren que puede necesitarse más información del mundo exterior a medida que avanza la solución del problema (el que resuelve el problema puede prestar atención a diferenctes aspectos de la información presentada) y la flecha de MO a MLP sugiere que la generación de nuevos estados del problema en MO puede necesitar información más antigua de la experiencia pasada. El concepto de memoria operativa, introducido por primera vez por FEIGENBAUM (1970), tiene especial importancia en el modelo de Greeno: la representación interna del problema se produce allí, la construcción de lazos entre datos e incógnitas se

produce allí y la experiencia pasada pertinente es utilizada para modificar las estructuras contenidas en MO.

Por ejemplo, HAYES y SIMON (1974, 1977; SIMON y HAYES, 1976) crearon un programa al que denominaron UNDERSTAND (COMPRENDER) que puede utilizarse tanto con isomorfos del problema del disco como en el problema de los monstruos del cuadro 7-7. La descripción del problema es traducido a una representación interna por el programa UNDERSTAND, que incluye un intérprete de lenguaje para dividir cada oración en partes del discurso y un proceso de construcción que elabora una descripción unificada del problema a partir de esa información. Por ejemplo, se pasa a la memoria operativa una oración del problema. Entonces, el intérprete de lenguaje será activado en la memoria a largo plazo para que ésta pueda manipular las partes de la oración en la memoria operativa. El mismo proceso se producirá con la oración siguiente, y así sucesivamente. En la fase de construcción, las oraciones interpretadas en la memoria operativa serán posteriormente manipuladas por las reglas de construcción activadas en la memoria a largo plazo. El output del programa UNDERSTAND es una descripción del problema que consiste en una definición del estado final, del estado inicial, de los operadores legales, etc. Por ejemplo, el problema 1 de los monstruos puede ser traducido como el problema de los discos. Una vez que el problema ha sido internamente representado, pueden aplicarse los procesos para la solución del problema.

Si se observan cuidadosamente los dos problemas del cuadro 7-7, se verá que sugieren dos maneras diferentes de describir el problema. En el problema de los monstruos 1, los monstruos parecen fijos y los globos móviles; así, los operadores legales parecen implicar el movimiento de un globo, lo cual es semejante a mover un disco en el problema de los discos. En el problema de los monstruos 2, los globos parecen fijos y los monstruos pueden cambiar; así, los operadores legales implican cambiar los monstruos, lo cual es similar a cambiar las clavijas en el problema de los discos. En una serie de experimentos, HAYES y SIMON (1977; SIMON y HAYES, 1976) descubrieron que las personas tienden a traducir los problemas de manera similar a como los traduce el programa UNDERSTAND. Por ejemplo, problemas como el problema de los monstruos 1 eran traducidos a una representación que tenía operadores de «mover globos», mientras que los problemas como el problema de los monstruos 2 eran traducidos a una representación que tenía operadores de «cambiar monstruo». Como puede el lector sospechar, el tipo de representación «mover» era más fácil de utilizar que el tipo de representación «cambiar». Igualmente los sujetos tenían dificultades para resolver dos problemas si el segundo de ellos implicaba una representación —es decir, mover contra cambiar— diferente del primer problema. REED, ERNST y BANERJI también descubrieron (1974) que los sujetos que resolvían un problema de misioneros y caníbales no tenían un rendimiento mejor cuando resolvían un problema análogo sobre «esposos y esposas celosas» a menos que se les diera una

Cuadro 7-7 Dos problemas de monstruos

Problema de monstruos 1 (Movimiento)

Tres monstruos extraterrestres de cinco manos sostenían tres globos de cristal.

En razón de las peculiaridades mecánicas de su vecindario tanto los monstruos como los globos venían exactamente en tres tamaños y no se permitían otros: pequeño, mediano y grande.

El monstruo de tamaño medio sostenía el globo pequeño; el monstruo pequeño sostenía el globo grande y el monstruo grande sostenía el globo mediano.

Como esta situación ofendía su ajustado sentido de la simetría procedieron a transportar los globos de uno a otro de modo que cada monstruo tuviera un globo proporcional a su tamaño.

La etiqueta de los monstruos complicó la solución del problema puesto que requería:

1. Que sólo pudiera transmitirse un globo por vez.
2. Que si un monstruo sostenía dos globos sólo podía transmitir el mayor de los dos.
3. Que el globo no podía traspasarse a un monstruo que sostuviera un globo mayor.

¿Cuál es la secuencia de las transmisiones que habrán seguido los monstruos para resolver este problema?

Problema de monstruos 2 (Cambio)

Los mismos tres monstruos del problema 1 se encontraban en idéntica situación. El monstruo del medio sostenía el globo pequeño; el monstruo pequeño sostenía el globo grande, y el monstruo grande sostenía el globo mediano.

Puesto que la situación ofendía su sentido de la simetría, decidieron encogerse y ensancharse hasta que cada monstruo tuviera un globo proporcionado a su tamaño.

La etiqueta de los monstruos complicó la situación del problema, puesto que requería:

1. Que sólo un monstruo pudiera cambiar por vez.
2. Que si dos monstruos tenían el mismo tamaño, sólo podía cambiar de tamaño el que sostuviera el globo mayor.
3. Que un monstruo no podía adoptar el tamaño de otro monstruo que sostuviera un globo mayor.

¿Por cuál secuencia de cambios podrían los monstruos resolver el problema?

Adaptado de HAYES y SIMON (1977)

explicación acerca de las relaciones entre los problemas. SIMON y HAYES (1976, pág. 89) concluyen que «la forma en que el sujeto nombra los objetos y la forma en que estructura la representación interna están determinados muy directamente por el lenguaje en que están escritas las instrucciones del problema... Esto es precisamente lo que predice el programa UNDERSTAND».

El espacio del problema

Una de las mayores contribuciones teóricas al enfoque de la simulación por computadoras de la resolución de problemas es la idea del *espacio del problema*. El espacio del problema se refiere a la representación interna de quien resuelve el problema de:

El estado inicial, en el que se representan las condiciones dadas o iniciales.

El estado final, en el que se representa la situación del objetivo o final.

Los estados intermedios del problema, que son los estados generados por la aplicación de un operador a un estado determinado.

Los operadores, los movimientos que se hacen para pasar de un estado al otro.

ERNST y NEWELL (1969) y SIMON (1978) señalaron que el espacio del problema es el conjunto de todos los estados (o todas las secuencias posibles de operadores) que conoce el que resuelve el problema. Simon también señala que el *espacio básico del problema* —el espacio del problema generado por alguien que resuelve perfectamente el problema— puede no ser idéntico al *espacio del problema* de una persona en particular. Por ejemplo, un individuo que resuelve un problema puede generar un espacio del problema que contenga errores o que esté seriamente incompleto.

Considere el lector el problema del disco (también llamado problema de la torre de Hanoi) que consideramos en el cuadro 4-3. Recuerde que el problema consiste en mover los discos de la clavija 1 a la 3 pasándolos a cualquier clavija una por vez y sin colocar nunca un disco mayor sobre un disco más pequeño. De modo que, si tenemos 3 discos, el problema consiste en:

Estado inicial, los tres discos están en la clavija 1 con el mayor abajo y el más pequeño arriba.

Estado final, los discos están en la clavija 3 con el mayor abajo y el más pequeño arriba.

Operadores, el disco de arriba de una clavija se coloca en una clavija que no contenga un disco más pequeño.

El desarrollo del problema del espacio en este ejemplo, se muestra en el cuadro 7-8. El estado inicial (llamado 1) está a la izquierda, el estado final (llamado 2) está a la derecha. Los estados intermedios están entre éstos, y el camino más eficiente a través del espacio del problema que está indicado a lo largo de la parte superior (estados 2 al 7).

Cada casilla o nudo en el espacio del problema representa un posible estado del problema, y cada rama o flecha representa una acción legal que podría iniciarse desde ese estado. Por ejemplo, si el lector se encuentra en el estado 1, hay dos acciones que pueden iniciarse: mover el disco pequeño a la clavija 3 (quedando en el estado 2) o mover el disco pequeño a la clavija 2. Si el lector está en el estado 2, hay tres acciones posibles: mover el disco del medio de la clavija 1 a la 2 (quedando en estado 3), mover el disco pequeño de la clavija 3 a la 2 o mover el disco pequeño de la clavija 3 nuevamente a la 2 (resultando un retorno al estado anterior). El lector puede mover de un estado intermedio a un estado anterior en el espacio del problema.

Otro ejemplo del espacio del problema es el problema de los hobbits y de los orcos en el cuadro 3-12. En ese ejemplo, el estado inicial tiene 3 hobbits, 3 orcos y la barca del lado izquierdo y el lado derecho vacío. El estado final es lo opuesto: 3 hobbits, 3 orcos y la barca del lado derecho y el lado izquierdo está vacío. Los operadores legales son mover 1 hobbit, o 1 orco, 2 orcos, o 1 hobbit y 1 orco desde una orilla a la otra dentro de la barca cuidando siempre que los hobbits nunca superen en número a los orcos en ninguna de las orillas. Como se puede ver en el cuadro 3-12, hay pocas alternativas de un estado al siguiente.

Resolver un problema puede ser considerado como encontrar el camino o la ruta correcta a través del espacio del problema. En el cuadro 3-12 el camino es bastante obvio puesto que sólo hay un nuevo movimiento que puede hacerse a partir de cada estado. En el cuadro 7-8, los caminos que recorren la parte inferior del espacio pueden crear muchas dificultades.

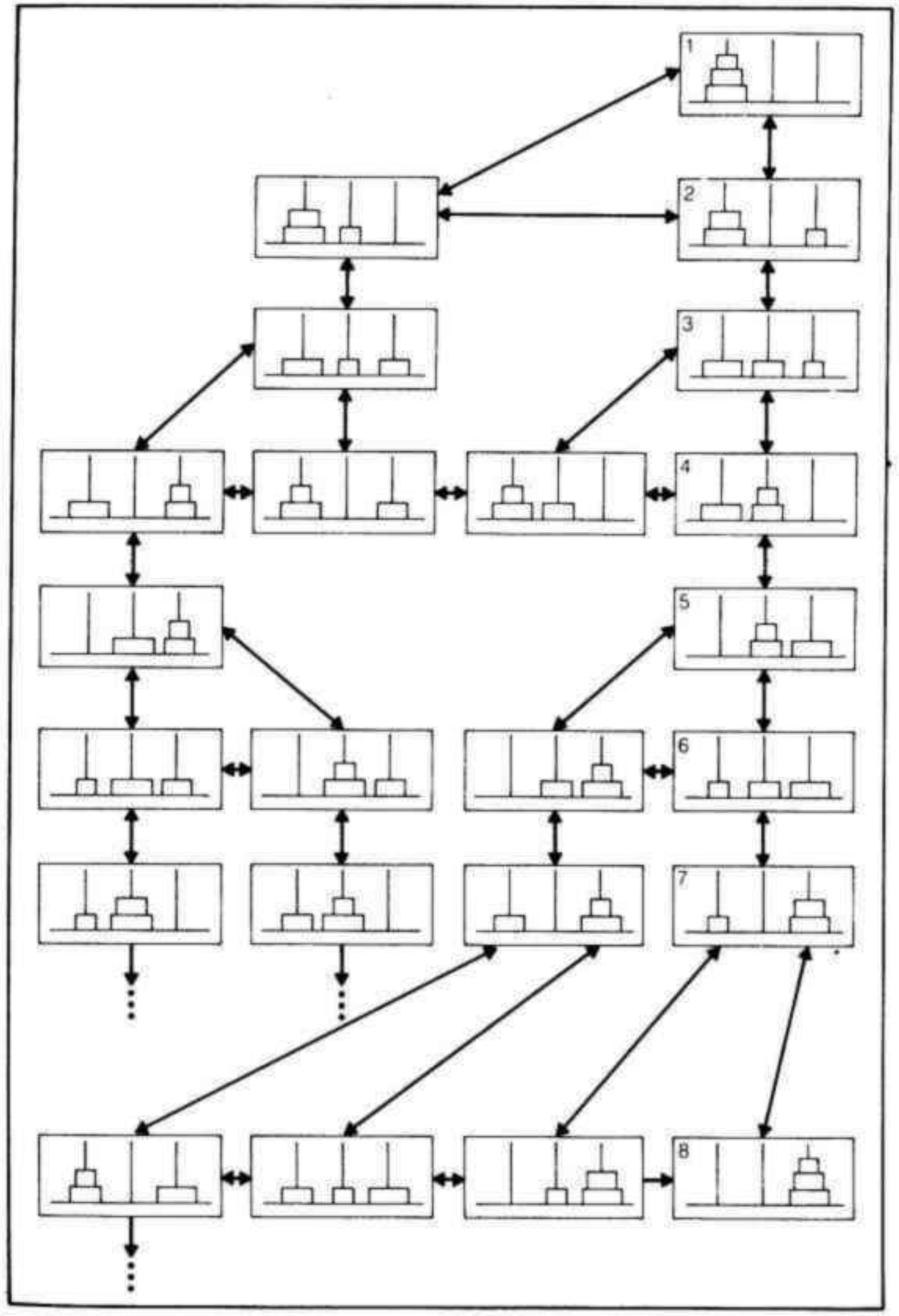
WICKELGREN (1974) y POLYA (1968) sugieren diversas técnicas para «podar el árbol», para hacer el espacio del problema más sencillo:

Macroacciones: el espacio puede ser reducido pensándolo en función de «macroacciones» en los que las diferentes secuencias de acciones con frecuencia tienen por resultado el mismo estado del problema. Por ejemplo, las flechas del espacio del problema pueden representar diversas secuencias equivalentes de acciones pequeñas.

Subobjetivos: el espacio puede dividirse en subobjetivos más pequeños, es decir, que puede convertirse en diversos espacios del problema más pequeños, cada uno de los cuales termina en un subobjetivo.

Operando retroactivamente: el número de caminos alternativos en un espacio puede a veces reducirse operando hacia atrás a partir del estado final hasta el estado inicial.

Cuadro 7-8 Espacio del problema en el problema de los discos



Espacios de problemas relacionados: el camino correcto puede descubrirse recordando cuando se resolvieron problemas similares en el pasado.

Así, como pueden ver, una de las mayores contribuciones del enfoque de la resolución del problema por el procesamiento de la información es el desarrollo de una técnica para representar problemas, a saber, el espacio del problema. Sin embargo, la técnica del espacio del problema parece aplicarse mejor a los problemas MOVE, que son problemas con estados iniciales, estados finales y operadores claramente definidos.

Búsqueda a través del espacio del problema

La sección anterior demuestra en qué forma el enfoque del tipo procesamiento de la información puede aportar una representación concreta de lo que significa «comprender el problema», es decir, construir un espacio del problema. Aunque la representación del espacio del problema permite describir el problema, también se necesita una técnica para hallar un camino en ese espacio. HAYES (1978) y WICKELGREN (1974) sugieren diversas *estrategias de búsqueda* —métodos para hallar un camino a partir del estado inicial hasta el estado final—. Tres estrategias de búsqueda: *ensayo y error al azar, subir la cuesta* y *análisis de medios y fines,* serán analizadas a continuación.

Ensayo y error al azar

La técnica más directa es aplicar al azar los operadores legales hasta que se haya generado el estado final. Así, si uno se encuentra en un estado determinado, puede elegir al azar cualquier movimiento legal como movimiento siguiente. Por ejemplo, en el problema del disco del cuadro 7-8, si uno se encuentra en el estado 3, escoge al azar entre tres movimientos posibles, por ejemplo, al estado 2, al estado 4, o al estado no numerado. El problema con las búsquedas al azar es que implican muchos movimientos desperdiciados. Si bien los seres humanos pueden utilizarla para los problemas inhabituales o cuando se encuentran bajo una gran presión, la búsqueda al azar no parece ser un mejor candidato para el comportamiento complejo de resolución de problemas.

Subir la cuesta

Una búsqueda más sistemática que conserva gran parte de la simplicidad

de la búsqueda al azar, es subir la cuesta. Subiendo la cuesta uno siempre trata de avanzar desde el estado actual a un estado que esté más cerca del objetivo. De modo que, si uno se encuentra en un estado determinado, se evalúa el nuevo estado en el que se estará después de cada posible movimiento, y se elige el movimiento que origine el estado que se acerque lo más posible al objetivo. Para subir la cuesta, se necesita algún procedimiento de evaluación del estado, es decir, su propio sistema para evaluar a qué distancia se encuentra cada estado del espacio del problema respecto del estado final. Por ejemplo, en el problema de los discos (como en el cuadro 7-8), la regla para la evaluación del estado podría ser que cuantos más discos haya en la clavija 3, más cerca se está del objetivo. En el problema de los hobbits y los orcos (como en el cuadro 3-12) la regla para la evaluación del estado podría ser que, cuanto más personajes haya del lado derecho del río, más cerca se está del objetivo. El defecto principal del subir la cuesta es que puede llevarnos a una «altura local», un estado del problema que está más cerca del objetivo que cualquier otro estado adyacente en el espacio del problema. Por ejemplo, en el cuadro 7-8, el estado 3 representa una altura local puesto que al quitar el pequeño disco de la tercera clavija (lo cual se requiere para resolver el problema) puede ser evaluado como algo que obstruye el paso hacia el estado final. De manera similar, en el problema de los hobbits y de los orcos, del cuadro 3-12, el estado 110 representa una altura local puesto que llevar dos personajes de la derecha a la izquierda puede ser evaluado como apartarse del objetivo. Así, el subir la cuesta no servirá para trabajar en problemas que tengan cuestas y valles, es decir, problemas que requieran ocasionalmente alejarse del objetivo para poder alcanzarlo al final.

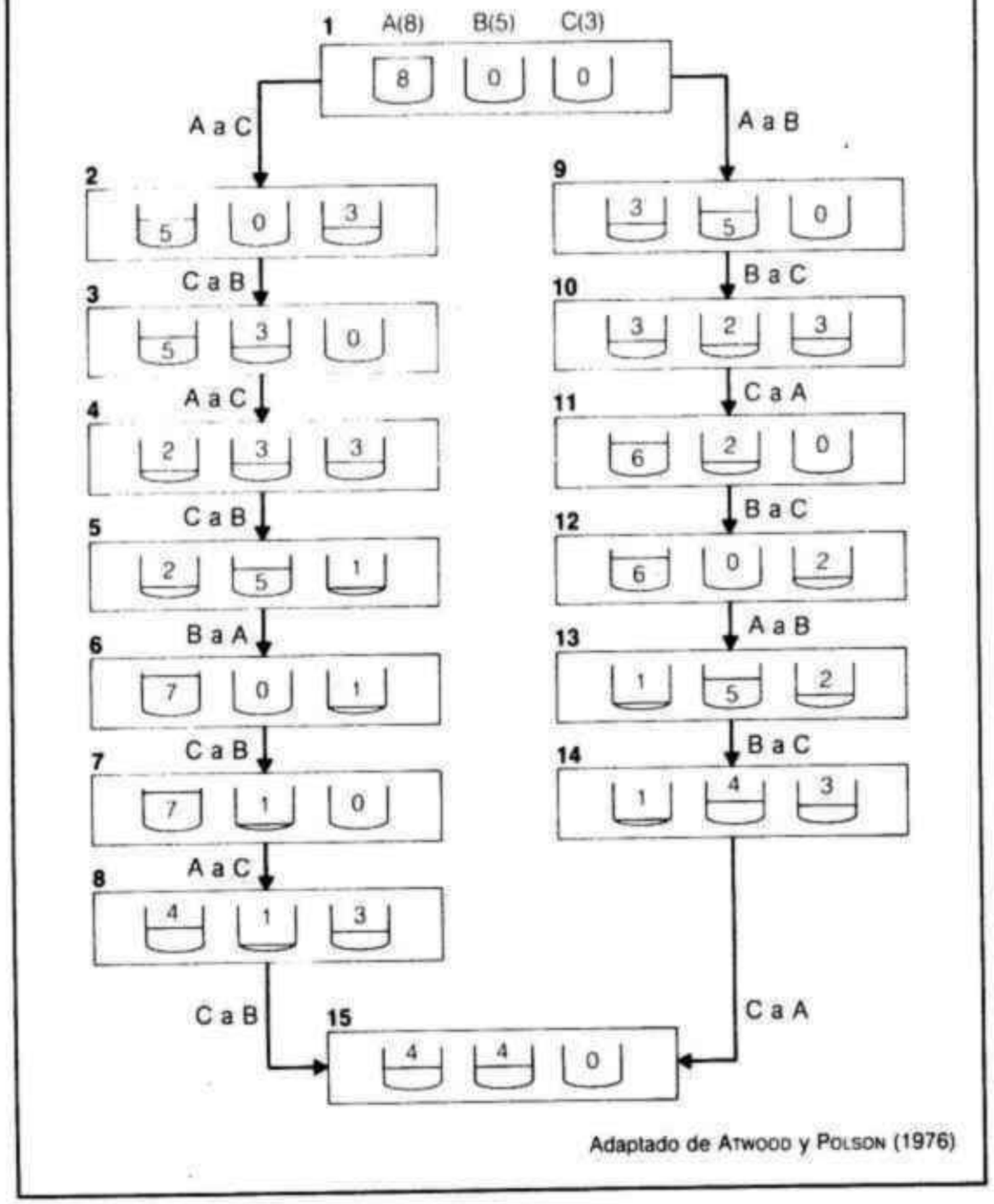
Atwood y Polson (1976) aportan alguna evidencia experimental de que los sujetos a veces usan una estrategia similar al subir la cuesta. Presentaron a los sujetos la siguiente versión del problema de la jarra de agua (llamado el problema de la jarra de agua de Luchins, cap. 3).

> Tienen tres jarras, que llamaremos A, B y C. La jarra A puede contener exactamente 8 tazas de agua; B contiene exactamente 5 tazas y C contiene exactamente 3 tazas. A está totalmente llena con 8 tazas. B y C están vacías. Hallar la forma de dividir el contenido de A exactamente entre A y B de modo que ambas tengan cuatro tazas. Se puede verter agua de jarra a jarra.

Así, en este problema el estado inicial son 8 tazas de agua en la jarra A y ninguna en las jarras B y C. El estado final es 4 tazas en A y 4 en B y los operadores legales son verter agua de una jarra a otra.

El cuadro 7-9 presenta un espacio parcial del problema. Supongamos que el lector puede evaluar cada estado determinando la diferencia de A respecto de 4 tazas y la diferencia de B respecto de 4 tazas; cuanto más cerca se encuentren estas jarras de 4 tazas cada una, mejor será la evaluación de ese

Cuadro 7-9 Espacio del problema en el problema de la jarra de agua



Adaptado de Atwood y Polson (1976)

estado. Utilizando ese procedimiento de subir la cuesta, ¿qué movimiento cree el lector que haría una persona?: ¿verter A en B o verter A en C? Como el lector puede ver, verter en B crea el estado 9, que está a dos tazas de diferencia del objetivo (la jarra A y la jarra B tienen cada una una taza

menos); sin embargo, verter C crea el estado 2, que está a cinco tazas del objetivo (la jarra A pierde una y la jarra B cuatro). Como predijeran los investigadores el doble de sujetos optaron por el estado 9 y no por el estado 1. Cuando el lector mira los estados 9 al 15, ¿ve algún movimiento que vaya en contra de la estrategia de subir la cuesta? Por ejemplo, consideremos el movimiento del estado 11 al estado 12. Aquí hay que mover de un estado que está a cuatro tazas del objetivo a uno que está a ocho; según la estrategia de subir la cuesta el lector está perdiendo terreno. Atwood y Polson descubrieron que los sujetos tendían a desviarse del camino correcto en encrucijadas como la del estado 11. Por ejemplo, los sujetos preferían un movimiento del estado 11 que parecía acercarlos al objetivo (tal como verter A en C) pero que en realidad los alejaba del problema.

Análisis de medios y fines

Hasta aquí hemos visto que la búsqueda al azar es muy costosa por los movimientos desperdiciados y que el subir la cuesta es una estrategia miope porque el sujeto queda estancado en las alturas locales. Lo que se necesita es una estrategia de búsqueda que conserve la simplicidad de la búsqueda al azar y el orden del subir la cuesta, sin las desventajas del desperdicio de la primera o la miopía de la segunda. De modo que necesitamos describir una estrategia que sea al mismo tiempo potente y simple, que corresponda a las características de la resolución de problemas humana pero que también acepte una implementación por computadoras. De lejos, la estrategia más popular y ampliamente utilizada que se ajusta a esta descripción es el análisis de los medios y fines.

En el *análisis de medios y fines* el que resuelve el problema trabaja siempre en un objetivo por vez. Si uno se encuentra en determinado estado, se establece el objetivo de lograr el estado final. Si ese estado no puede lograrse directamente, se establece un subobjetivo de ir eliminando las barreras que le impiden llegar al estado final, y así sucesivamente. El que resuelve el problema está continuamente haciéndose tres preguntas: ¿Cuál es mi objetivo? ¿Qué obstáculos encuentro en mi camino? ¿Qué operadores tengo disponibles para superar estos obstáculos? Simon (1969, pág. 112) describe como sigue el análisis de los medios y los fines: «Dado un estado deseado de cosas y un estado existente de cosas, la tarea de un organismo adaptativo es encontrar la diferencia entre estos dos estados y luego descubrir el proceso correlativo que eliminará esa diferencia.»

¿Utilizan los humanos el análisis de los medios y fines para resolver problemas? Consideremos una vez más el espacio del problema en el problema de los hobbits y los orcos, tal como aparece en el cuadro 3-12. Greeno (1974) realizó un análisis de medios y fines de esa tarea y descubrió que la

actuación humana se ajusta a esa descripción con algunas excepciones interesantes. Por ejemplo, los sujetos pasan mucho tiempo en el estado 110 (Thomas, 1974) y parecen encontrarse en dificultades posiblemente porque deben violar una estrategia de subir la cuesta apartándose del objetivo. Sin embargo, los sujetos parecen ser capaces de pasar rápidamente del estado 020 a la conclusión, mientras que el análisis de los medios y fines requeriría aún una cantidad mayor de establecimiento y comparación de objetivos. Diversos investigadores han observado que los sujetos no parecen establecer tantos subobjetivos como lo sugeriría una forma estricta de análisis de medios y fines en los problemas de cruzar un río (Jeffries, Polson, Razran y Atwood, 1977; Simon y Reed, 1976). Aparentemente, la actuación de los sujetos en los problemas de cruzar un río pueden describirse como una especie de compromiso entre el análisis de medios y fines y el subir la cuesta. En otra serie de estudios, Larkin, McDermott, Simon y Simon (1980) descubrieron que los estudiantes de introducción a la física resuelven los problemas del libro utilizando la estrategia de medios y fines, pero que los físicos experimentados utilizan un procedimiento más sinuoso que evita la creación de tantos subobjetivos.

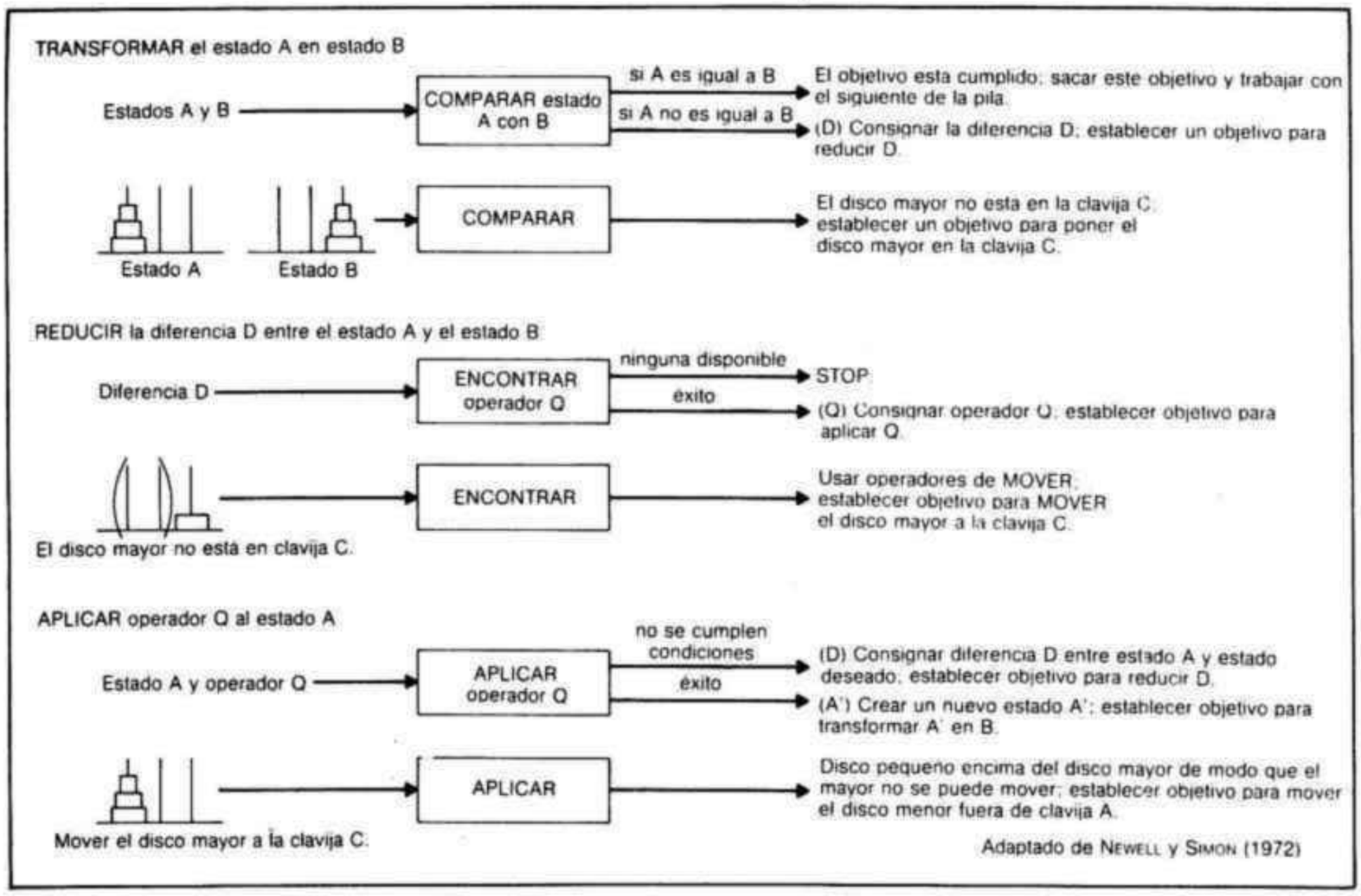
Un estudio más detallado del análisis de medios y fines

Puesto que el análisis de los medios y los fines es la estrategia más importante para resolver problemas que se usa en muchas simulaciones del pensamiento por computadora, veamos cómo trabaja más de cerca. Las ideas fundamentales necesarias para comprender este proceso son: *subobjetivos, almacenamiento de objetivos, tabla de conexiones, estructura del objetivo* y *sistema de producción.*

Subobjetivos

Newell y Simon (1972) describieron tres tipos de subobjetivos que se encuentran en el análisis de medios y fines, como se ve en el cuadro 7-10. El objetivo de transformación implica comparar el estado actual del problema con el estado final y hacer una lista de las diferencias entre los dos. El input para el objetivo de transformación es una descripción del estado actual (llamado A) y del estado final (llamado B); el output es una descripción de la diferencia (llamada D) entre los dos estados. Por ejemplo, en el problema del disco, el primer objetivo podría ser un objetivo de transformación: transformar el estado inicial (estado 1) en estado final (estado 8). El resultado de este objetivo es la identificación de una diferencia entre los dos estados, por ejemplo, el disco mayor no está en la clavija C.

Cuadro 7-10 Tres tipos de subobjetivos en el análisis de medios y fines



Adaptado de NEWELL y SIMON (1972)

El objetivo de reducción implica encontrar una operación que pueda aplicarse para reducir una determinada diferencia. El input del objetivo de reducción es una descripción de la diferencia D; el output es un operador apropiado (llamado Q) que podría reducir o eliminar la diferencia. Por ejemplo, en el problema del disco, el objetivo siguiente podría ser un objetivo de reducción: reducir la diferencia descubriendo un operador que ponga el disco mayor en la clavija C. El resultado de este objetivo es la identificación de un operador, por ejemplo, mover el disco mayor a la clavija C.

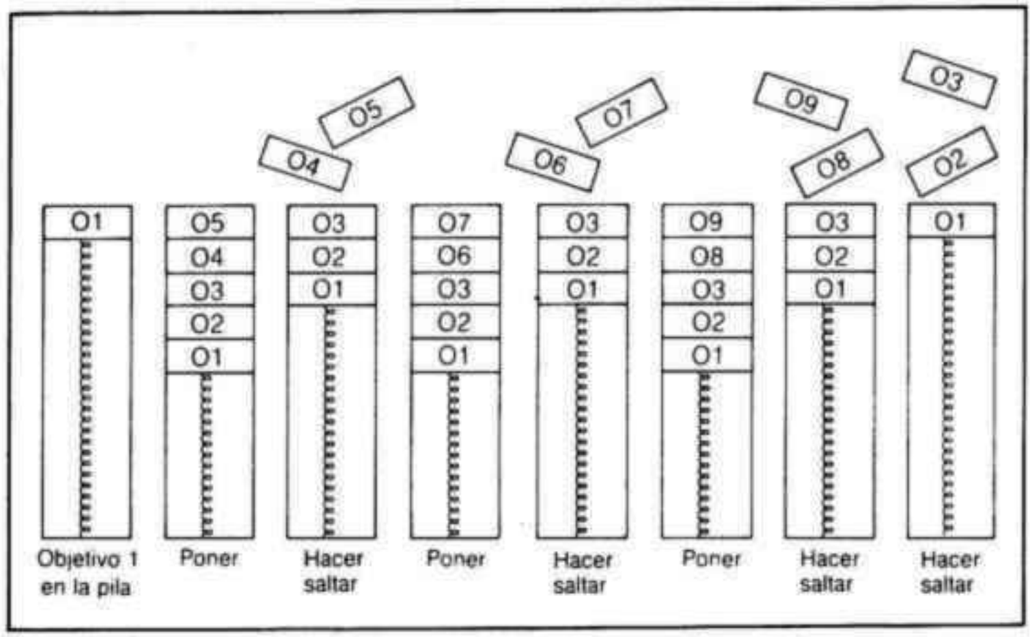
El objetivo de aplicación implica aplicar el operador Q al estado A para producir un nuevo estado (llamado A'). El input del objetivo de aplicación es una descripción del operador Q y el estado A al cual debe aplicarse. El output es un nuevo estado A', si el operador Q puede ser directamente aplicado a A, o una descripción de la diferencia D entre el estado A y el estado requerido, si Q no puede ser aplicado directamente a A. Por ejemplo, en el problema del disco, el objetivo podría ser aplicar el operador de movimiento al estado A (es decir, mover el disco mayor a la clavija C). Sin embargo, el resultado de este objetivo es la identificación de una diferencia entre el estado actual (A) y el estado requerido para esta operación, a saber, que no debe haber ningún disco encima del disco mayor en la clavija A.

El cuadro 7-10 resume los objetivos de transformación, reducción y aplicación; el cuadro muestra el input necesario, los outputs posibles y un ejemplo de cada tipo de objetivo. Cuando se necesita más de un objetivo para resolver un problema los objetivos se llaman subobjetivos. Así, la resolución de cualquier problema implica establecer una serie de subobjetivos pertenecientes a estos tres tipos básicos.

Pila de objetivos

Con estos tres objetivos el lector puede resolver una variedad de problemas. Sin embargo, en el análisis de medios y fines se puede trabajar sólo en un objetivo por vez; los otros objetivos están «almacenados» para uso futuro. Suponga el lector que comienza con una «pila de empuje hacia abajo, saque para arriba», como lo muestra el cuadro 7-11. El lector pone el primer objetivo en el montón; por ejemplo, el primer objetivo podría ser «transformar el estado 1 en el estado 8», en el problema del disco. Sin embargo este objetivo no puede ser alcanzado directamente de modo que se crea un objetivo (cómo «reducir la diferencia»), y este objetivo 2 se apila encima del objetivo 1; puesto que el objetivo 2 no puede alcanzarse directamente, se crea el objetivo 3 y se apila encima; por las mismas razones se añaden a la pila los objetivos 4 y 5. El objetivo de arriba es siempre el objetivo en el que se está trabajando. Supongamos que la pila tiene los objetivos 1, 2, 3, 4 y 5. Si el objetivo 5 es alcanzable salta, lo mismo que el objetivo 4 cuando es alcanza-

Cuadro 7-11 Pilas de objetivos en el análisis de medios y fines



do. Esto nos lleva otra vez al objetivo 3, que aún no puede ser alcanzado; así se crean nuevos subobjetivos y se apilan encima (objetivos 6 y 7). Estos se alcanzan y saltan; pero todavía deben añadirse dos nuevos objetivos a la pila (8 y 9). Cuando éstos se logran, saltan todos los objetivos, volviendo al objetivo 1. La pila de objetivos consiste en todos los subobjetivos que aún no se han logrado. Comienza con el objetivo de arriba (transformar el estado dado en estado final) y termina cuando este objetivo es alcanzado; entre medio, deben eventualmente quitarse muchos subobjetivos.

Tabla de conexiones

En el análisis de medios y fines, cada vez que uno fracasa en transformar el estado A en el estado B, debe descubrir una diferencia D; cuando se descubre D, hay que elegir un operador Q que pueda utilizarse para reducir la diferencia. ¿Cómo sabe la computadora (o quien resuelve el problema) los operadores que hay que utilizar para resolver la diferencia? En muchas simulaciones por computadora hay que dar a la computadora una «tabla de conexiones» —una lista de todas las diferencias posibles junto con los operadores apropiados para efectuar con cada una—. El cuadro 7-12 muestra un ejemplo de una tabla parcial de conexiones para el problema del disco. Por ejemplo, si uno se encuentra con una diferencia como «el disco mayor no está en la clavija C pero debería estar allí», el operador apropiado que se debe usar

Cuadro 7-12 Tabla de conexiones para tres problemas de discos

Diferencia (D)	Operador (Q)
Disco mayor no en clavija C	MOVER disco mayor a clavija C
Disco mediano no en clavija C	MOVER disco mediano a clavija C
Disco pequeño no en clavija C	MOVER disco pequeño a clavija C
Disco pequeño encima del disco que hay que mover	MOVER disco pequeño a otra clavija
Disco mediano encima del disco que hay que mover	MOVER disco mediano a otra clavija
Disco pequeño (o mediano) en clavija C cuando se intenta pasar el disco mayor a la clavija C	MOVER disco pequeño (o mediano) de la clavija C a otra clavija
Disco pequeño en clavija C cuando se intenta mover disco mediano a clavija C	MOVER disco pequeño de la clavija C a otra clavija

es «MOVER el disco mayor a la clavija C». De modo que ante cada posible diferencia que pueda localizarse en el transcurso de la solución del problema de los discos, la tabla de conexión aporta un operador que deberá probarse. Como el lector puede ver, en un sentido la tabla de conexiones contiene toda la información necesaria para resolver el problema.

Estructura del objetivo

Los diversos cambios en la pila de objetivos durante la solución de un problema representan la estructura del mismo. En otras palabras, el orden en que los objetivos se ponen y se sacan de la pila representa la estructura del objetivo de un problema. Por ejemplo, el cuadro 7-13 muestra una estructura del objetivo para el problema del disco. El primer objetivo (G 1) es transformar el estado 1 en el estado 8. Sin embargo, el resultado de este objetivo es localizar una diferencia: el disco mayor (disco 3) en la clavija C. Así, se añade a la pila un segundo objetivo (G 2): reducir la diferencia. El resultado es la localización de un operador: mover el disco mayor a la clavija C. Así, el tercer objetivo (G 3) se añade a la pila: aplicar el operador. Cuando se trata de aplicar el operador al objetivo 3 descubrimos otra diferencia: existe un disco pequeño sobre el disco grande de modo que el disco grande no puede ser movido. Añadimos un cuarto objetivo (G 4) a la localización de un operador: mover el disco pequeño a la clavija C. Así se añade a la pila el objetivo 5 (G 5): aplicar el operador. Este es exitoso, puesto que el disco

Cuadro 7-13 Estructura de objetivos en el análisis de medios y fines

Objetivo actual	Objetivos en la pila	Tipo de objetivo	Resultado
O1	O1	TRANSFORMAR el estado actual en el estado final	DIFERENCIA: Disco 3 no en clavija C
O2	O2, O1	REDUCIR la diferencia - Para que disco 3 esté en clavija C	Usar operador MOVER
O3	O3, O2, O1	APLICAR operador - Mover disco 3 a clavija C	DIFERENCIA: Disco 1 encima de disco 3
O4	O4, O3, O2, O1	REDUCIR diferencia - Para que disco 1 no esté encima de disco 3	Usar operador MOVER
O5	O5, O4, O3, O2, O1	APLICAR operador - Mover disco a clavija B	Exito: Ahora en estado 2
O3	O3, O2, O1	APLICAR operador - Mover disco 3 a clavija C	DIFERENCIA: Disco 2 encima de disco 3
O6	O6, O3, O2, O1	REDUCIR diferencia - Para que disco 2 no este encima de disco 3	Usar operador MOVER
O7	O7, O6, O3, O2, O1	APLICAR operador - Mover disco 2 a clavija B	Exito: Ahora en estado 3
O3	O3, O2, O1	APLICAR operador - Mover disco 3 a clavija C	DIFERENCIA: Disco 1 en clavija C
O8	O8, O3, O2, O1	REDUCIR diferencia - Para que disco 1 no esté en clavija C	Usar operador MOVER
O9	O9, O8, O3, O2, O1	APLICAR operador - Mover disco 1 a clavija B	Exito: Ahora en estado 4
O3	O3, O2, O1	APLICAR operador - Mover disco 3 a clavija C	Exito: Ahora en estado 5
O1	O1	TRANSFORMAR estado actual en estado final	Diferencia: Disco 2 no está en clavija C
O10	O10, O1	REDUCIR diferencia - Para que disco 2 este en clavija C	Usar operador MOVER
O11	O11, O10, O1	APLICAR operador - Mover disco 2 a clavija C	Diferencia: Disco 1 encima de disco 2
O12	O12, O11, O10, O1	REDUCIR diferencia - Para que disco 1 no esté encima de disco 2	Usar operador MOVER
O13	O13, O12, O11, O10, O1	APLICAR operador - Mover disco 1 a clavija A	Exito: Ahora en estado 6
O11	O11, O10, O1	APLICAR operador - Mover disco 2 a clavija C	Exito: Ahora en estado 7
O1	O1	TRANSFORMAR estado actual en estado final	Diferencia: Disco 1 no está en clavija C
O14	O14, O1	REDUCIR diferencia - Para que disco 1 esté en clavija C	Usar operador MOVER
O15	O15, O14, O1	APLICAR operador - Mover disco 1 a clavija C	Exito: Ahora en estado 8
O1	O1	TRANSFORMAR estado actual en estado final	Exito: Problema resuelto

pequeño puede ser movido; se crea un nuevo estado (estado 2) y el objetivo 5 salta de la pila. También se alcanza el objetivo 4 y es eliminado. Pero el objetivo 3 (pasar el disco mayor a la clavija C) todavía no es posible. El resultado de reinstaurar el objetivo 3 es una diferencia: el disco del medio está encima del disco mayor. Debe establecerse un nuevo objetivo (objetivo 6): reducir la diferencia librándose del disco del medio. El resultado es la identificación de un operador: mover el disco del medio a la clavija C. Se añade el objetivo 7 a la pila: aplicar este operador. Puesto que este objetivo es exitoso, se crea el estado 3 y los objetivos 7 y 6 saltan de la pila. Sin embargo, cuando regresamos al estado 3 descubrimos otra diferencia que no nos permitirá mover el disco mayor a la clavija C. Deberán añadirse más objetivos que eventualmente irán saltando, como se ve en el resto del cuadro 7-13. Este análisis sugiere que algunos movimientos como el que va del estado 5 al estado 6 requieren muchos subobjetivos y por tanto son difíciles, mientras que otros movimientos como el que va del estado 6 al 7 requiere menos movimientos y por tanto son más fáciles.

Sistema de producción

La estrategia del análisis de medios y fines del problema de los discos se resume en la estructura de objetivo del cuadro 7-13. Sin embargo, otra forma

Cuadro 7-14 Sistema de producción en el problema de los discos

Número de producción	Condición	Acción
(1)	Discos 1, 2 y 3 en clavija C	→ Stop
(2)	Disco 3 no en clavija C	→ Establecer objetivo «Mover disco 3 a clavija C»
(3)	Objetivo es «Mover disco 3» y no hay ningún disco en medio	→ Mover disco 3 a clavija C y borrar objetivo
(4)	Objetivo es «Mover disco 3» y hay un disco en medio	→ Mover el disco que está de por medio
(5)	Disco 3 está en clavija C y disco 2 no está en clavija C	→ Establecer objetivo «Mover disco 2 a clavija C»
(6)	Objetivo es «Mover disco 2» y no hay un disco en medio	→ Mover disco 2 a clavija C y borrar objetivo
(7)	Objetivo es «Mover disco 2» y hay un disco de por medio	→ Mover el disco que está de por medio
(8)	Disco 2 y disco 3 están en clavija C y disco 1 no está en clavija C	→ Establecer objetivo «Mover disco 1 a clavija C»
(9)	Objetivo es «Mover disco 1» y no hay un disco de por medio	→ Mover disco 1 a clavija C y borrar objetivo

de describir la estrategia de medios y fines es un sistema de producción, que consiste en una lista de producciones (NEWELL y SIMON, 1972; WINSTON, 1977). Una producción es simplemente un par condición-acción, con una descripción del estado de cosas en la izquierda y una descripción de acciones a la derecha. Por ejemplo, Newell y Simon sugieren el siguiente sistema de producción para cruzar una calle:

1. Si la luz del semáforo está roja ——→ detenerse (y eliminar el objetivo de movimiento).
2. Si la luz del semáforo está verde ——→ establecer el objetivo de moverse.
3. Si su objetivo es «moverse» y el pie izquierdo está sobre el pavimento ——→ dar el paso con el pie derecho.
4. Si su objetivo es «moverse» y su pie derecho está sobre el pavimento ——→ dar el paso siguiente con el pie izquierdo.

En este sistema de producción, si se cumple más de una condición, siempre hay que dar prioridad a la que está más arriba en la lista. De modo que si la luz está roja siempre hay que detenerse, aunque se cumpla alguna de las condiciones posteriores.

El cuadro 7-14 muestra un sistema de producción posible para el problema del disco. La primera producción dice que si el lector está en el estado final, entonces puede dejar de trabajar en el problema. La segunda producción dice que si el disco mayor no está en la clavija C, entonces el lector debe establecer un objetivo para mover el disco mayor. La tercera producción dice que si el objetivo es mover el disco mayor y no hay obstáculos, el lector debe mover el disco mayor y borrar el objetivo. Como el lector puede ver, hay producciones en esta lista.

Supongamos ahora que este sistema de producción representa la estrategia de una persona para resolver el problema del disco. Además, supongamos que esta persona siempre comienza al principio de la lista y busca la primera condición que hay que cumplir; después de llevar adelante la acción, la persona regresa a la parte superior de la lista y sigue trabajando hacia abajo, y así sucesivamente. En el problema del disco, la primera producción a «disparar» —cuando se cumplen las condiciones— es P2. Así, el lector establece su objetivo de mover y regresa a la parte superior de la lista. Ahora la próxima producción a disparar será P4; el disco pequeño está en el medio, de modo que hay que desplazarlo a otra clavija; el lector retorna a la lista de producciones y nuevamente dispara P4; esta vez el disco del medio está encima del disco mayor que el lector quiere mover. Lleva adelante la acción (mueve el disco del medio fuera de la clavija A) y vuelve a la parte superior de la lista. Otra vez dispara P4 puesto que ahora hay un disco pequeño en la clavija C; la acción es mover el disco pequeño y sacarlo de C. Cuando el lector se dirige al sistema de producción puede ahora disparar P3, y mover el disco mayor a la clavija C. Cuando vuelve otra vez al sistema de producción, puede disparar P5 y así sucesivamente. Así, el sistema de producción resume la estrategia de medios y fines para el problema de los discos. Puesto que los sistemas de producción están construidos con elementos simples (semejantes a veces a las asociaciones estímulo-respuesta) es fácil representar las producciones en un programa de computadora. De modo que la estrategia utilizada por una persona para resolver un problema puede ser representada fácilmente y con precisión, utilizando bloques simples de construcción.

GPS: un ejemplo

Uno de los programas más generalizados y mejor conocidos para resolver problemas es un solucionador general de problemas o GPS (ERNST y NEWELL, 1969). GPS (General Problem Solver) fue creado para demostrar que algunas técnicas generales para resolver problemas estaban incluidas en un amplio

espectro de problemas y que es posible establecer explícitamente cuáles son estos procedimientos generales en un programa de computadoras capaces de resolver una amplia variedad de problemas diferentes.

GPS, como otros programas, comienza traduciendo la descripción del problema a una representación interna del estado inicial, estado final y conjunto de operadores. Además, GPS ha almacenado en su memoria una tabla de conexiones para cada problema que tiene que resolver. La tabla de conexiones contiene todos los estados del problema posibles para ese problema y una lista de lo apartados que están dos estados cualesquiera uno de otro. Resolver el problema implica *dividir un problema en subobjetivo* y luego alcanzar cada subobjetivo *aplicando diversas técnicas para la solución de problemas,* cada una de las cuales cambia la dirección del problema en la dirección del subobjetivo. Por ejemplo, el programa puede probar una técnica y luego comprobar si modifica el estado del problema a otro que esté más cerca del subobjetivo verificando la diferencia en la tabla de conexiones. Si la técnica tiene éxito el programa utiliza esa técnica y el proceso comienza otra vez, pero si fracasa el programa intenta otra técnica. Así, cuando GPS resuelve un problema sigue los pasos siguientes:

Traduce el problema en estado inicial, estado final y operadores legales.

Guarda en la memoria la tabla apropiada de conexiones para poder decir la diferencia entre los estados.

Divide el problema en una jerarquía de objetivos y subobjetivos, cada uno de los cuales acerca el problema a su solución.

Aplica técnicas de solución de problemas basadas en el principio del análisis de medios y fines (reduciendo la diferencia entre el estado actual y el estado deseado del subobjetivo).

Mueve hacia el subobjetivo siguiente cuando el anterior ya ha sido alcanzado, hasta que el problema queda resuelto.

Todo el proceso está presidido por el «ejecutivo para la solución de problemas», que determina el orden en que deben aplicarse los operadores, intenta lograr los subobjetivos utilizando el análisis de medios y fines y desarrolla una nueva estructura de subobjetivos si la anterior no funciona.

GPS puede también resolver una variante del problema de los hobbits y los orcos (misioneros y caníbales); el problema de la torre de Hanoi, el problema de las jarras de agua, compleción de series de letras, problemas de cálculo y otra media docena de tareas diferentes. Por ejemplo, las secciones anteriores muestran cómo puede aplicarse una técnica del tipo GPS a los problemas del disco y de la torre de Hanoi.

Evaluación

El enfoque de simulación por computadoras es un intento de estudiar teorías sobre la solución humana de problemas de una forma precisa y científicamente comprobable. Este enfoque requiere que las teorías sean expresadas con precisión, en un programa formal de computadora, y permite la utilización de un equipo sofisticado de laboratorio, y computadoras para la comprobación de las teorías. Así, la simulación por computadoras abre una brecha en la psicología del pensamiento que puede producir en última instancia una reformulación precisa y una integración de la Gestalt, del asociacionismo y de otras ideas. Sin embargo, el enfoque de simulación por computadoras tiene algunos defectos importantes. La analogía entre el ser humano y la máquina, la descripción de las operaciones mentales como operaciones de computadora, no es una analogía perfecta. La psicología ha sido muy influida por los desarrollos de otras ciencias, incluyendo el surgimiento de la tecnología en computación. Sin embargo, el punto de vista del procesamiento de la información en los seres humanos como máquinas procesadoras de información —posición muy popular— está muy limitado y puede en realidad limitar posiciones actuales sobre el pensamiento. Además, hay una fisura en la lógica de la simulación por computadora: aunque un programa puede simular el comportamiento del pensar humano, eso no quiere decir que simule los procesos cognitivos subyacentes. Por último, los programas actuales de simulación requieren algo como una tabla de conexiones, una lista de todos los estados posibles del problema y una medida de su distancia respecto del objetivo. De modo, que en cierta forma, la solución está dada y el proceso del pensamiento implica lo que los guestaltistas llamarían el pensamiento reproductivo. Pero el capítulo sobre la simulación por computadoras no está terminado y queda por ver hasta dónde la tecnología y los seres humanos pueden llegar en la simulación del pensamiento.

Lecturas recomendadas

NEWELL, A. y SIMON, H. A. *Human problem solving.* Englewood Cliffs, N. J., Prentice Hall, 1972. Un libro enorme de 900 páginas que ofrece una teoría sobre el procesamiento de información y simulación por computadora de la solución de problemas en criptoaritmética, lógica y ajedrez.

SIMON, H. A. *Models of thought.* New Haven, Conn. Yale University Press, 1979. Recopilación de ensayos sobre modelos en computadora de la cognición humana.

WICKELGREN, W. A. *How to solve problems: Elements of a theory of problem solving,* San Francisco, W. H. Freeman and Company, 1974. Una breve introducción básica al enfoque del procesamiento de información en la solución de problemas y cómo puede aplicarse para resolver numerosos problemas interesantes.

WINSTON, P. H. *Artificial intelligence.* Reading, Mass. Addison-Wesley, 1977. Libro de texto sobre la inteligencia artificial.

8 Cronometría mental: El pensamiento como una serie de operaciones mentales

El experimento Donders
Cronometría mental
Tareas de hacer coincidir letras
Tareas de barrido de memoria
Tareas de rotación mental
Tareas de verificación oración-dibujo

Suponga el lector que está sentado frente a un panel que contiene una bombilla de luz y un botón de respuesta. Cuando la luz se enciende, se pide al lector que apriete el botón lo más rápidamente que pueda. Esta sencilla tarea, resumida en el cuadro 8-1, se llama tarea de *tiempo de reacción simple.* Normalmente se necesitan cerca de 50 a 250 milisegundos para realizarla, según las características de la tarea, como por ejemplo la intensidad de la luz y características del sujeto, como la atención, la visión, etc. Obsérvese que en las tareas de tiempo de reacción simple hay un estímulo y una respuesta.

La situación puede ser un poco más complicada. Suponga el lector que está sentado frente a un panel con cinco luces y un botón de respuesta. Cuando la luz objetivo —la que se ha designado como correcta— se enciende, el lector debe apretar el botón, pero no debe apretarlo cuando se encienden las otras luces. Esta tarea es llamada *tiempo de reacción de discriminación,* porque el lector debe discriminar *cuál* es la luz particular que se enciende. Esta tarea normalmente requiere más tiempo que la anterior cuando todas las otras variables se mantienen constantes. La *tarea de tiempo de reacción de discriminación* se resume en el cuadro 8-1. Obsérvese que hay varios estímulos posibles pero sólo una respuesta.

Por último, podemos complicar la tarea todavía más sentando al lector delante de cinco luces, cada una de las cuales tiene su botón de respuesta. En este caso, el lector debe apretar el botón correspondiente a la luz que

se enciende, como se muestra al final del cuadro 8-1. Esta tarea se llama de *tiempo de reacción de elección* porque también se ha de elegir la respuesta apropiada. Si los otros factores se mantienen constantes, esta tarea normalmente lleva más tiempo que las otras dos.

* * *

El experimento Donders

F. C. Donders ([1868]-1969) realizó experimentos utilizando tareas de tiempo de reacción ya en 1868. Su trabajo representa el primer intento de analizar y medir los procesos que componen una tarea simple. El razonamiento de Donders era que las diferentes series de los procesos mentales eran necesarias para cada uno de los tres tipos de tareas recién descritas. El cuadro 8-2 muestra los estadios que podrían estar implicados en las tres tareas; los procesos están representados como rectángulos y las decisiones representadas como rombos. Una tarea de tiempo de reacción simple requiere estadios de percepción y motriz: tiempo para percibir el estímulo y ejecutar la respuesta. En contraste, la tarea de tiempo de reacción de discriminación requiere los mismos estadios de percepción y motriz más un estadio de discriminación: tiempo para distinguir qué luz se ha encendido. Por último, una tarea de tiempo de reacción de elección requiere los mismos estadios de percepción, motriz y discriminación más un estadio de elección: tiempo para decidir qué respuesta llevar a cabo. Como se esperaba, las tareas de elección llevan más tiempo que las de discriminación y las tareas simples son las que menos tiempo requieren. Utilizando una técnica de sustracción, Donders pudo calcular el tiempo necesario para cada estadio:

Tiempo de percepción y motriz = tiempo necesario para la tarea simple.

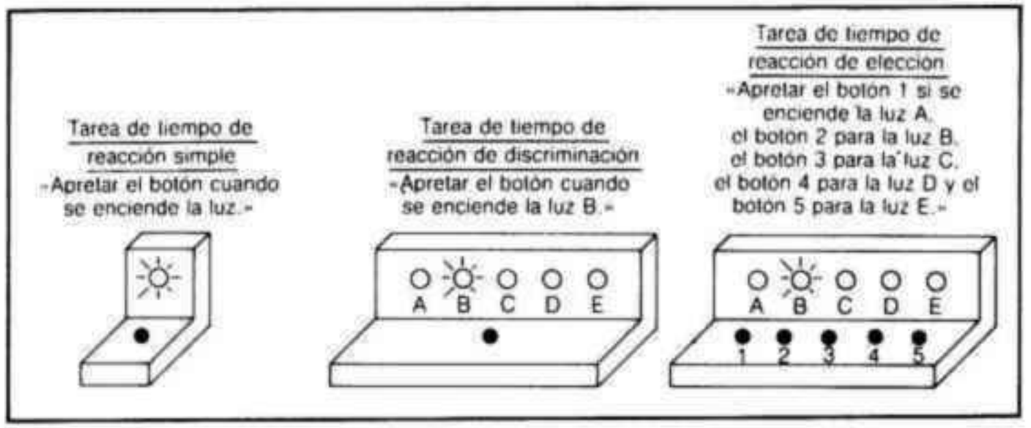
Tiempo de discriminación = tiempo de la tarea de discriminación menos tiempo de la tarea simple.

Tiempo de elección = tiempo de la tarea de elección menos tiempo de discriminación.

El razonamiento de Donders era directo —más estadios requerían más tiempo— y su método para analizar los componentes cognitivos de sus tareas es similar a los métodos que se utilizan actualmente en psicología cognitiva para tareas más complejas.

Hasta el experimento de Donders, muchos científicos suponían que las operaciones mentales necesarias para responder a un estímulo se producían instantáneamente. Por ejemplo, un fisiólogo del siglo XIX, Muller, afirmó que

Cuadro 8-1 Algunas tareas de tiempo de reacción



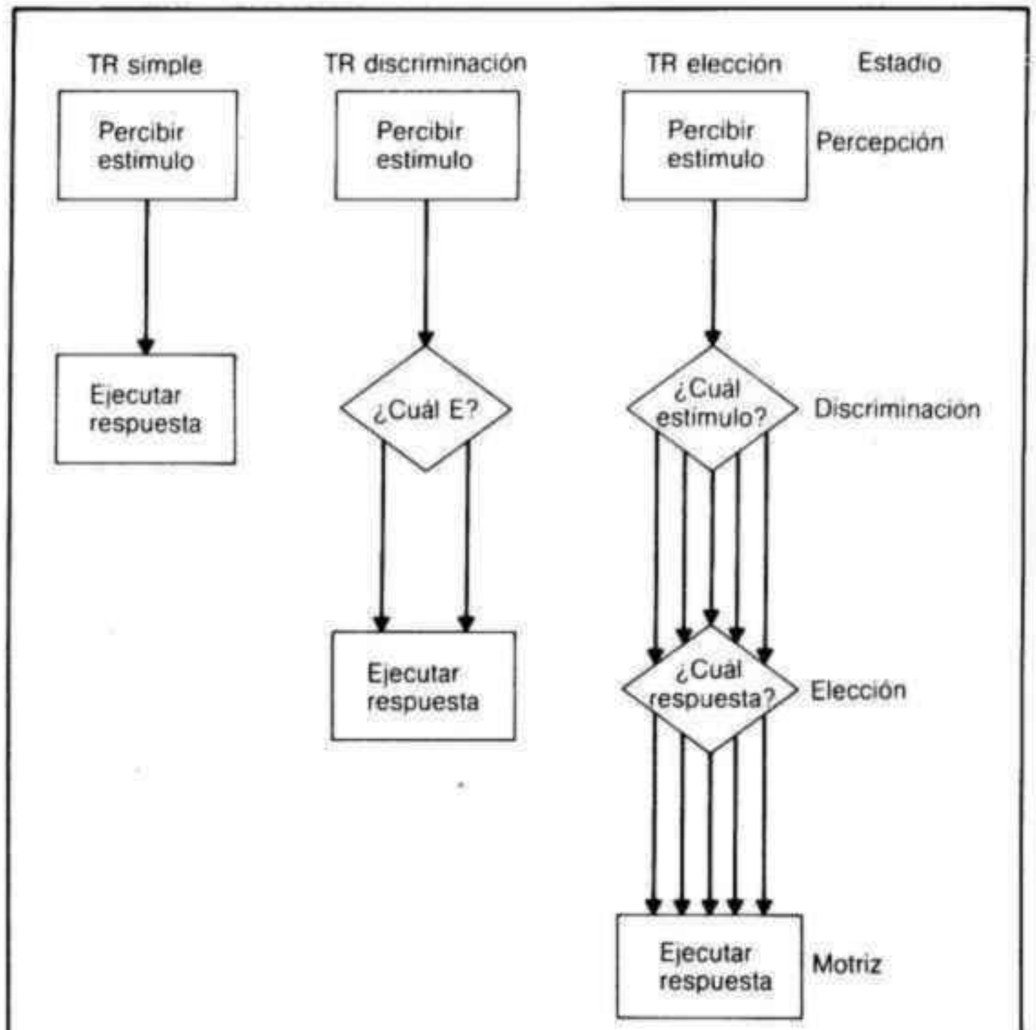
la velocidad de la transmisión neuronal era tan rápida que no podía medirse. Poco después, Helmholtz midió la velocidad, tanto en los humanos como en los animales de laboratorio, y ésta era apenas de 100 metros por segundo. Por ejemplo, la transmisión de un receptor sensorio de la periferia al cerebro podía tardar 20 milisegundos, sin mencionar el tiempo de procesamiento dentro del cerebro. Así, Donders merece ser recordado por 1) mostrar que las tareas pueden dividirse en procesos mentales elementales, 2) descubrir que cada proceso lleva un cierto tiempo para producirse y 3) inventar una técnica de sustracción como instrumento para medir el tiempo de los acontecimientos mentales.

Cronometría mental

El trabajo de Donders es interesante porque ofrece un medio para describir lo que está sucediendo «dentro de la caja negra», analizando la actividad cognitiva en estadios separados. Sin embargo, el trabajo de Donders fue rechazado por los primeros psicólogos experimentales como Wundt y sólo en los últimos veinte años ha aumentado el interés por su obra. El resurgimiento del interés por los modelos cognitivos de los procesos necesarios para realizar las tareas puede señalarse con la aparición de un notable libro de Miller, Galanter y Pribram llamado *Plans and the Structure of Behavior*. Como se dijo en el capítulo 7, Miller y sus colaboradores afirman que las tareas simples pueden ser representadas como planes: una serie de procesos mentales elementales.

Posner (1978) llamó a las técnicas de Donders «cronometría mental», por estudiar el tiempo necesario para realizar operaciones cognitivas elementales. Este enfoque se basa en varios supuestos:

Cuadro 8-2 Procesos integrantes en las tareas de tiempo de reacción



Nota: Los rectángulos indican procesos, los rombos representan decisiones.

Componentes, cualquier tarea puede ser descrita como un conjunto de procesos mentales separados y elementales.

Tiempo, cada proceso elemental requiere una cantidad determinada y medible de tiempo.

Serie, los procesos se realizan uno por vez, en orden.

Adición-sustracción, el tiempo de los procesos componentes puede ser legítimamente sumado o restado.

Si bien pueden ponerse objeciones a estos supuestos (Posner, 1978), sus-

pendamos nuestro juicio hasta que hayamos explorado algunas de las aplicaciones del enfoque por análisis de los estadios.

Como teoría sobre la resolución de problemas, la cronometría mental se basa en la idea de que la resolución de problemas implica una serie de operaciones mentales, tales como manipular y operar con información en la memoria. El objetivo de este enfoque consiste en determinar las operaciones mentales elementales que se utilizan en las tareas cognitivas básicas y así establecer un catálogo de los elementos constitutivos del pensamiento humano. En este capítulo, investigaremos cómo ha sido aplicado el enfoque de la cronometría mental a cuatro tareas cognitivas: hacer coincidir letras, barrido de memoria, rotación de imágenes y verificación oración-dibujo.

Tareas de hacer coincidir letras

Considérese la siguiente tarea. A cada par de letras, diga Sí si son físicamente idénticas y No si no lo son:

A A
A a
a a
A B

Esto se llama *tarea de concordancia física* y las respuestas correctas son sí, no, sí, no.

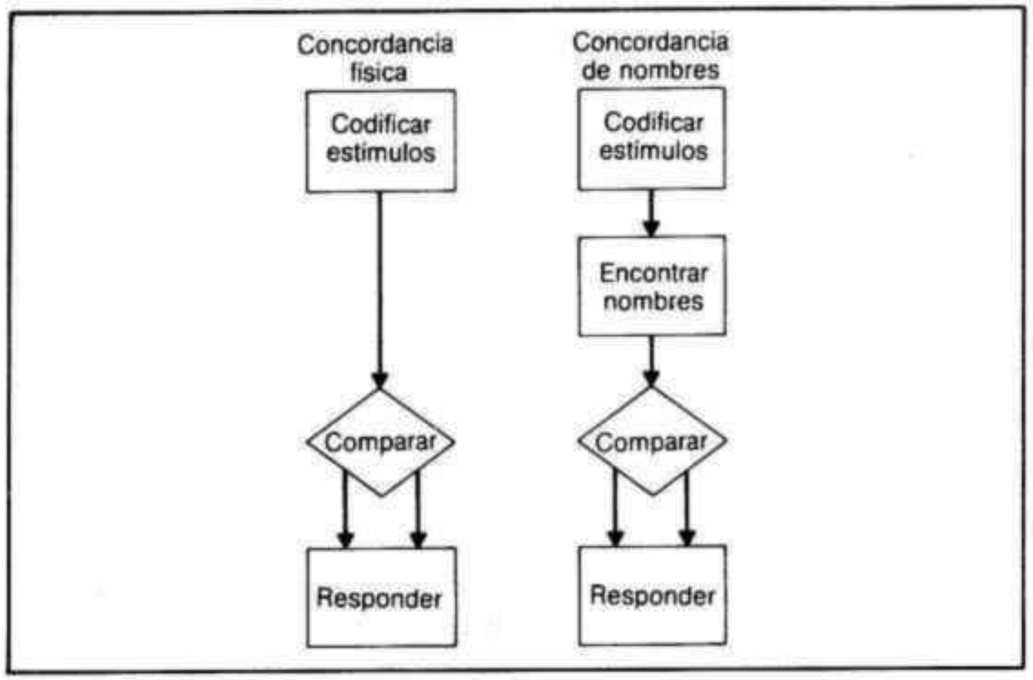
Ahora, a cada uno de los siguientes pares de letras, diga Sí si las dos letras tienen el mismo nombre y No si no lo tienen:

A A
A a
a a
A B

Esto se llama *tarea de concordancia de nombres* y las respuestas correctas son sí, sí, sí y no.

Posner y sus colaboradores (Posner, 1969, 1978; Posner y Mitchell, 1967; Posner, Lewis y Conrad, 1972; Posner, Boies, Eichelman y Taylor, 1969) crearon tareas como éstas para medir la velocidad de los procesos mentales implícitos en ellas. El sujeto se sienta enfrente de una pantalla, y se le muestran dos letras. Para una tarea de concordancia física, el sujeto aprieta el botón marcado «igual» cuando ambas letras son físicamente iguales y el botón marcado «diferente» cuando no lo son. Una instalación semejante se utiliza para la concordancia de nombres.

Cuadro 8-3 Procesos componentes de las tareas de concordancia física y de concordancia de nombres

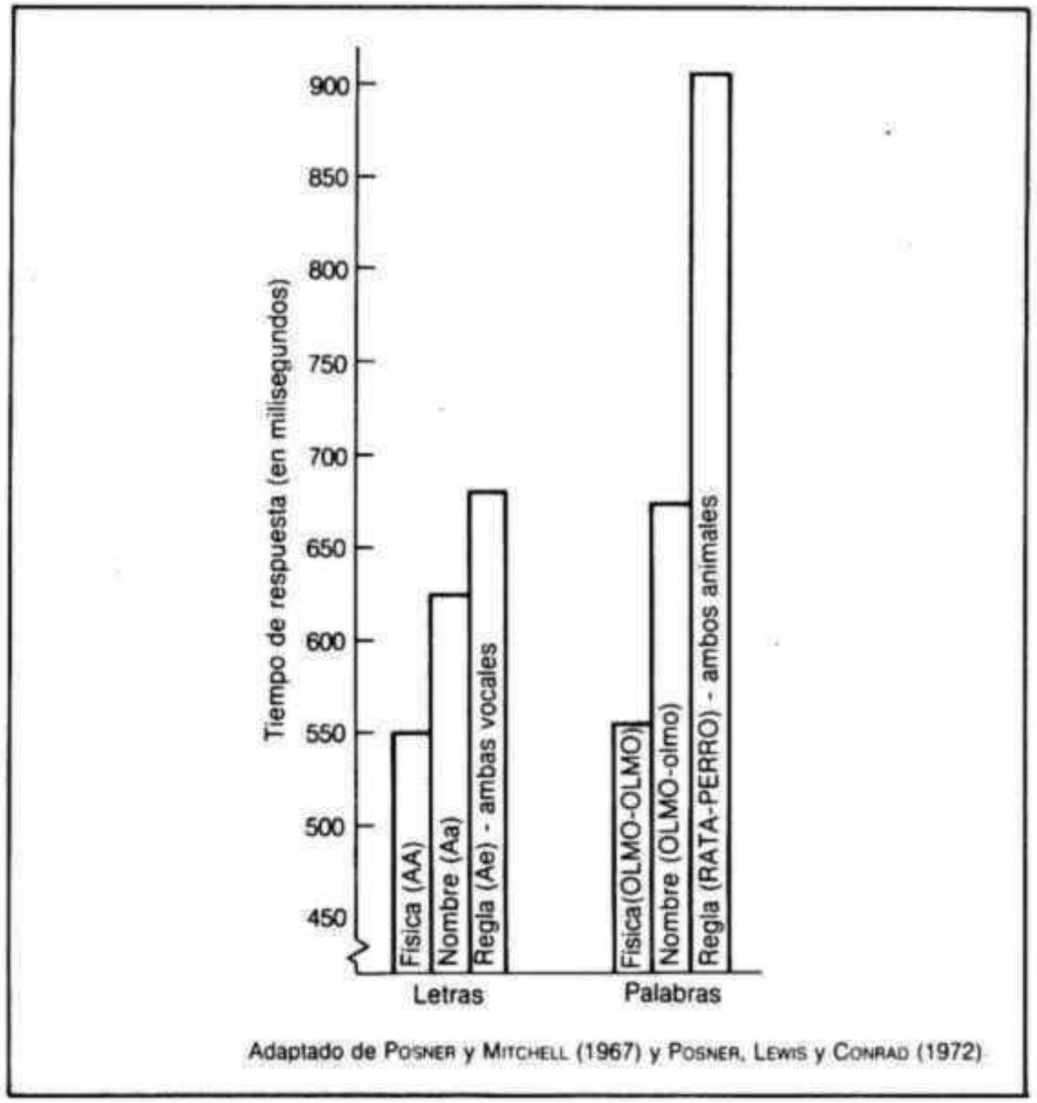


Consideremos los procesos cognitivos necesarios en una tarea de concordancia de nombres y de concordancia física. ¿Se parece en algo la lista del lector a la lista del cuadro 8-3? Por ejemplo, la concordancia física implica codificar, comparar y responder; la concordancia de nombres implica los mismos estadios y uno más, a saber, descubrir el nombre de cada letra en la memoria a largo plazo. De modo que si restamos el tiempo para realizar una concordancia física del tiempo para una concordancia de nombres tendremos el tiempo del proceso de búsqueda.

Los resultados de un estudio típico (Posner y Mitchell, 1967) indican que el tiempo de respuesta fue de 549 milisegundos para la tarea de concordancia física (por ejemplo, AA) y 623 milisegundos para la tarea de concordancia de nombre (Aa). Así, utilizando la técnica de sustracción, se puede concluir que el tiempo de búsqueda del nombre de una letra en la memoria es de 74 milisegundos. Sin embargo, los tiempos para los procesos componentes pueden ser afectados por diversos factores, como por ejemplo la semejanza física de las letras o el nombre particular de la letra (Posner, 1969, 1978).

En el estudio sobre el tema realizado por Posner, Lewis y Conrad (1967) se pedía a los sujetos que juzgaran si dos palabras eran físicamente idénticas (como *OLMO-OLMO*) o tenían el mismo nombre (como *OLMO-olmo*). Los resultados indicaron que el tiempo para una concordancia física era de

Cuadro 8-4 Tiempos de respuesta en diversas tareas de concordancia



Adaptado de Posner y Mitchell (1967) y Posner, Lewis y Conrad (1972)

555 milisegundos y el tiempo para la concordancia de nombres era 674 milisegundos. Esto sugiere que el tiempo para buscar en la memoria el nombre de una palabra simple es de alrededor de 119 milisegundos. De manera similar, cuando la tarea incluye la utilización de una regla, los tiempos de respuesta son más largos. Por ejemplo, el tiempo para decidir si dos letras son ambas vocales es de 699 milisegundos. Algunos de estos resultados se resumen en el cuadro 8-4.

¿Cómo podemos estar seguros de que la concordancia de nombres necesita buscar el nombre de una letra en la memoria a largo plazo mientras que las coincidencias físicas no lo necesitan? Pachella y Miller (1976) sugieren

que si el modelo de Posner es correcto, la utilización de letras familiares hará más fácil el proceso de búsqueda, reduciendo por tanto el tiempo de coincidencia de nombres. Sin embargo, puesto que el proceso de búsqueda no forma parte de la tarea de coincidencia física, la utilización de letras familiares no debería afectar el tiempo de coincidencia física. Como se esperaba, el hecho de aumentar la familiaridad de las letras no tuvo efecto en la coincidencia física y en cambio redujo mucho el tiempo de coincidencia de nombres. De manera similar, Posner (1978) señala que las manipulaciones sobre las características físicas de los estímulos, tales como la intensidad, el color, el tamaño y el contraste, tienen fuertes efectos sobre las tareas de coincidencia física. De modo que la técnica de sustracción parece haber tenido éxito en la localización y medición de los procesos que componen las tareas de hacer coincidir estímulos.

Tareas de barrido de memoria

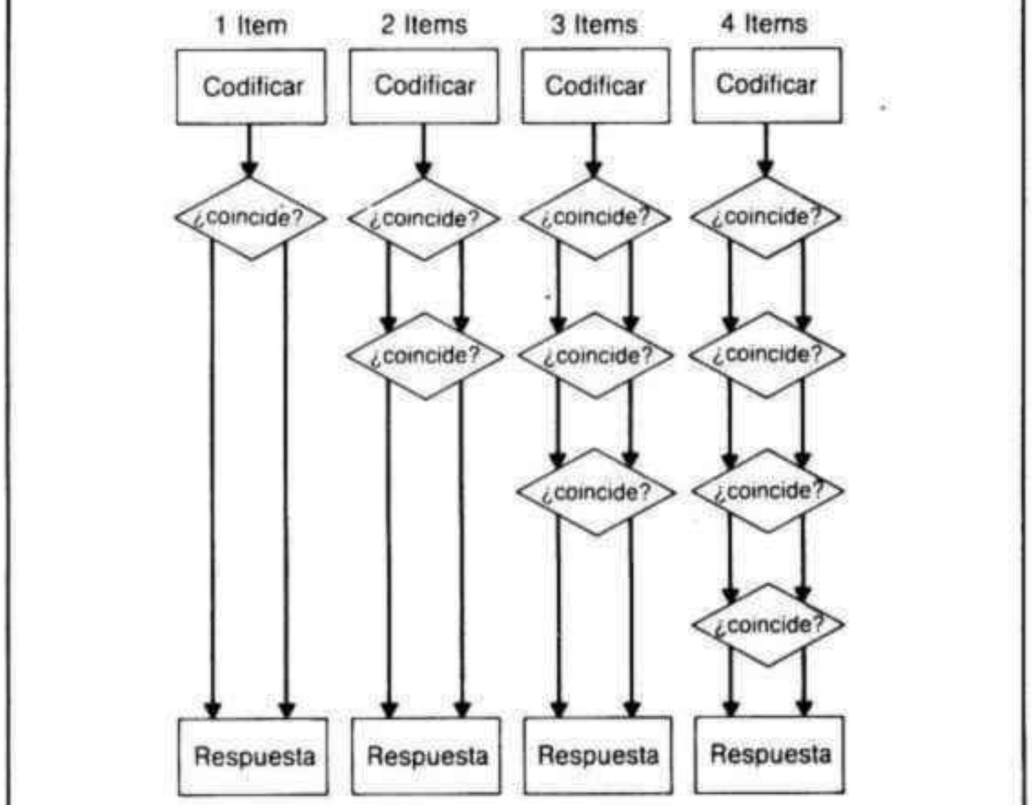
Suponga el lector que le doy un conjunto de dígitos para recordar como 2 4 7 3. Lea cada uno de estos números en voz alta para conservarlos en la memoria a corto plazo. Ahora suponga que le doy un número y le pregunto si era uno de los que tenía en el conjunto memorizado. El ejemplo es 7. Su respuesta, por supuesto, será sí, puesto que había un 7 en el conjunto memorizado (2 4 7 3).

Sternberg (1966, 1969, 1975) utilizó esta tarea, llamada «barrido de memoria» para estudiar los procesos cognitivos en la memoria a corto plazo. En una prueba experimental típica, el sujeto leía un conjunto de uno a seis dígitos que se le mostraban por dos segundos; luego, después de otros dos segundos, se le presentaba el dígito de prueba. La tarea del sujeto consistía en apretar el botón «sí» si el número de prueba concordaba con alguno de los dígitos del conjunto memorizado y apretar el botón «no» si no concordaba. En alguna de las pruebas sólo había un dígito en el conjunto memorizado, en otras había desde dos a seis.

Si el lector fuera sujeto de un experimento de barrido de memoria, ¿qué procesos cognitivos cree que utilizaría? Debería codificar y recordar el conjunto memorizado, debería comparar el número de prueba con cada dígito memorizado y debería contestar. El cuadro 8-5 resume los procesos que pueden estar implícitos en tareas con conjuntos de 1, 2, 3 y 4 dígitos. Este análisis sugiere que añadiendo un ítem más al conjunto memorizado se necesita un proceso más de comparación mental.

El cuadro 8-6 resume los tiempos medios de respuesta para conjuntos memorizados desde uno a seis dígitos. Para cada dígito adicional en el conjunto a memorizar el tiempo de respuesta aumenta aproximadamente 38 milisegundos (Sternberg, 1966). Así, por el método de sustracción podemos concluir que cada comparación mental toma cerca de 38 milisegundos.

Cuadro 8-5 Procesos integrantes en una tarea de barrido de memoria

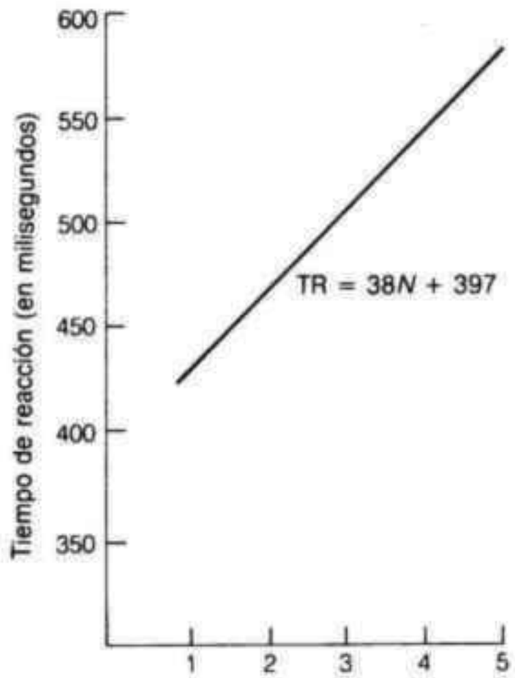


Nota: Los rectángulos indican procesos, los rombos representan decisiones.

La secuencia de los estadios de procesamiento indicados en el cuadro 8-5 contiene dos presupuestos que pueden resultar extraños al lector. En primer lugar, el modelo supone que el número de prueba es comparado con cada dígito del conjunto memorizado secuencialmente, es decir, uno por vez; esto se llama *procesamiento serial.* Parece más eficiente comparar el número de prueba con varios dígitos del conjunto memorizado simultáneamente, el cual se llama *procesamiento paralelo.* El procesamiento serial predice un tiempo de respuesta aumentado a medida que aumenta el conjunto memorizado, como se muestra en el cuadro 8-6, mientras que el procesamiento paralelo predice una línea uniforme. Por eso, Sternberg ha podido señalar que los datos observados son más consistentes con el procesamiento serial. Sin embargo, existe alguna evidencia de que sujetos con mucha práctica pueden buscar varios objetivos tan fácilmente como uno solo (Neisser y Lazar, 1964; Neisser, Novick y Lazar, 1963).

Un segundo presupuesto es que el sujeto compara el número de prueba

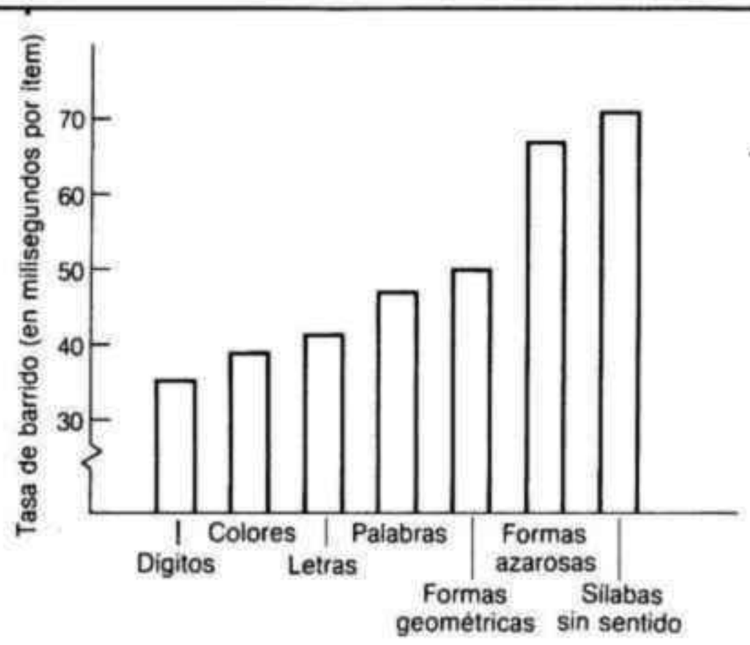
Cuadro 8-6 Tiempos de respuesta para diversos tamaños de conjuntos memorizados en la tarea del barrido de memoria



Adaptado de Sternberg (1966)
© 1966 American Association for the Advancement of Science

con cada uno de los dígitos del conjunto memorizado, incluso si ya se ha encontrado una coincidencia. Esto se llama *comparación exhaustiva* porque se hacen todas las comparaciones. Una alternativa más eficiente es una *búsqueda autofinalizada*, con la idea de que se deja de buscar tan pronto como se ha encontrado una coincidencia. La búsqueda autofinalizada predice que los tiempos para responder «sí» serán más bajos que para responder «no» puesto que necesitan hacerse menos comparaciones en el promedio; la idea de la búsqueda exhaustiva predice que no hay diferencia entre los tiempos de respuesta para «sí» y para «no». Nuevamente Sternberg señala que los datos apoyan las predicciones de la búsqueda exhaustiva, es decir, que no hay diferencia entre los tiempos de respuesta para «sí» y para «no». Sin embargo, hay alguna evidencia perturbadora de que los tiempos de respuesta son menores cuando el número de prueba coincide con el primer dígito del conjunto memorizado y

Cuadro 8-7 Tasas de barrido para estímulos variados



Adaptado de Cavanagh (1972)

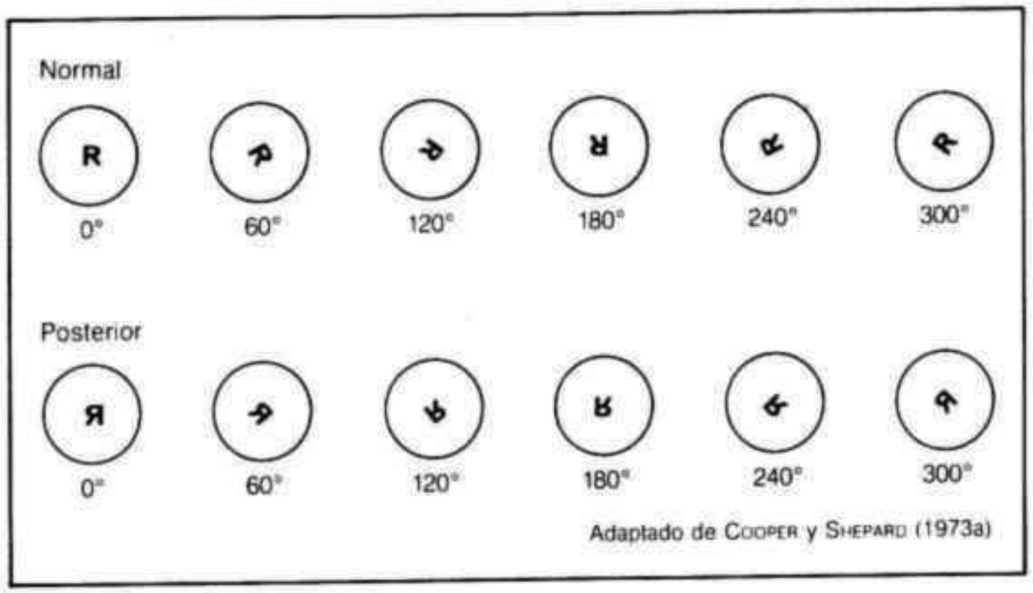
son más largos cuando concuerda con el último dígito (Burrows y Okada, 1971; Clifton y Birenbaum, 1970; Raeburn, 1974).

En un informe reciente, Sternberg (1975) respondió a muchos de los aspectos planteados por el modelo de la búsqueda serial exhaustiva. Estos problemas deben recordar al lector que los claros diagramas del cuadro 8-5 no son los únicos modelos de estadios posibles. Bajo ciertas situaciones experimentales o para determinados sujetos pueden ser necesarios diferentes procesos y distintas direcciones. Por ejemplo, el cuadro 8-7 resume los tiempos promedio para varios tipos de estímulo (Cavanagh, 1972). Utilizando formas al azar o sílabas sin sentido en lugar de dígitos en una tarea de barrido de memoria se dobla prácticamente el tiempo necesario para cada estadio de comparación.

Tareas de rotación mental

El enfoque por cronometría mental también se aplicó exitosamente al estudio de cómo la gente manipula las imágenes visuales en la memoria. Por ejemplo, Cooper y Shepard (1973a, 1973b) presentaban a los sujetos en cada prueba una sola letra o dígito. Cada letra o dígito era ya sea normal o una ima-

Cuadro 8-8 Ejemplos de estímulos utilizados en la tarea de rotación de letras



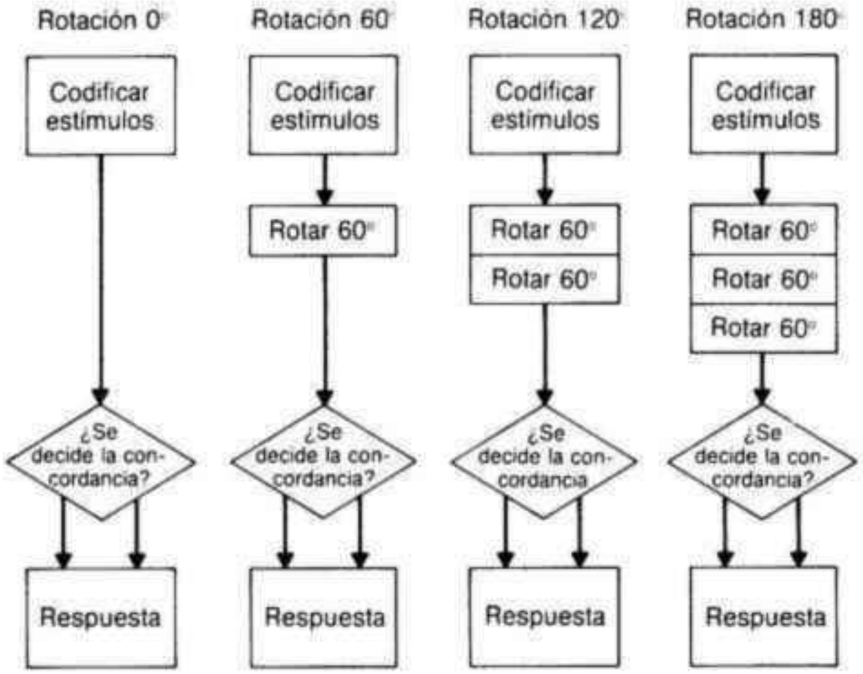
Adaptado de COOPER y SHEPARD (1973a)

gen especular (llamada *posterior*); además, cada letra o dígito era presentado ya sea en su orientación normal o rotado según las agujas del reloj cada 60 grados. Ejemplos de estímulos normales y posteriores en cada una de estas orientaciones se muestran en el cuadro 8-8. En cada letra o dígito, el trabajo del sujeto consistía en apretar un botón marcado «normal» si la letra era normal y un botón marcado «posterior» si la letra se veía por detrás.

Si el lector fuera sujeto de estos experimentos, ¿qué procesos tendría que realizar para cada tarea? En primer lugar, tendría que codificar el estímulo presentado —es decir, representarse la letra en la memoria a corto plazo—. Luego debería rotar esta representación hasta que tuviera una orientación vertical (0°). El paso siguiente podría ser decidir si la letra es normal o posterior, y el paso final es apretar el botón apropiado. El cuadro 8-9 resume la secuencia de procesos que el lector podría atravesar para los 0 grados, 60 grados, 120 grados y 180 grados. Como el lector puede ver, todas las tareas requieren codificar, decidir y responder. Sin embargo, la tarea de 60 grados requiere un estadio adicional —rotar 60 grados— comparada con la tarea 0 grados; del mismo modo, la tarea de 180 grados requiere tres veces más tiempo de rotación que la tarea de 0 grados. Así, el tiempo para hacer una rotación de 60 grados puede ser determinado de diferentes maneras, tales como restar el tiempo de la tarea de 0 grados del tiempo de la tarea de 60 grados.

El tiempo promedio para cada tarea se muestra en el cuadro 8-10. Como el lector puede ver, el tiempo de respuesta es más bajo cuando el estímulo está derecho (0° o 360°), y más largo cuando está hacia abajo (180°). Hay un incre-

Cuadro 8-9 Procesos componentes de la tarea de rotación de imágenes

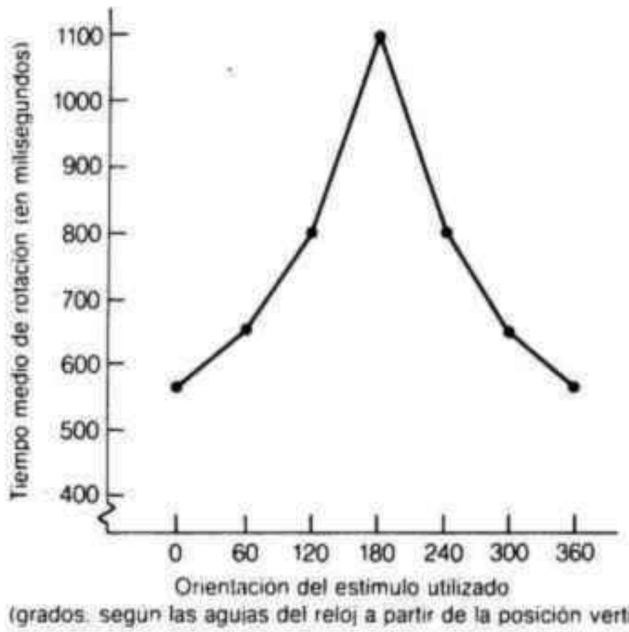


Nota: Los rectángulos representan procesos, los rombos representan decisiones.

mento sistemático en el tiempo de respuesta en las tareas que requieren más rotación. Si bien estos resultados son consistentes con los análisis del cuadro 8-9, existen varios problemas que pueden presentarse al lector. En primer lugar, el lector habrá advertido que la diferencia en los tiempos de respuesta entre 0 y 60 grados de orientación no es el mismo que la diferencia entre 120 y 180 grados de rotación; esta discrepancia puede deberse a muchos factores, incluyendo alguna duda respecto hacia qué lado rotar el estímulo invertido. En segundo lugar, el lector puede ver que los tiempos de respuesta para las orientaciones de 240 y 360 grados se corresponden muy adecuadamente con los de las orientaciones de 120 y 160°, respectivamente; en apariencia, los sujetos eran capaces de decidir si una rotación era más eficiente en el sentido de las agujas del reloj o en el sentido contrario, de modo que podría añadirse un tiempo de decisión de dirección a los modelos del cuadro 8-9 inmediatamente después del estadio de codificación.

METZLER y SHEPARD (1974; SHEPARD, 1975) realizaron análisis similares utilizando estímulos tridimensionales. En un estudio típico (METZLER y SHEPARD, 1974) se muestra a los sujetos dos figuras como las que se ven en el cuadro 8-11. Algunos pares (como el par A en el cuadro 8-11) son idénticos, excepto

Cuadro 8-10 Gráfico de tiempos en la tarea de rotación de letras

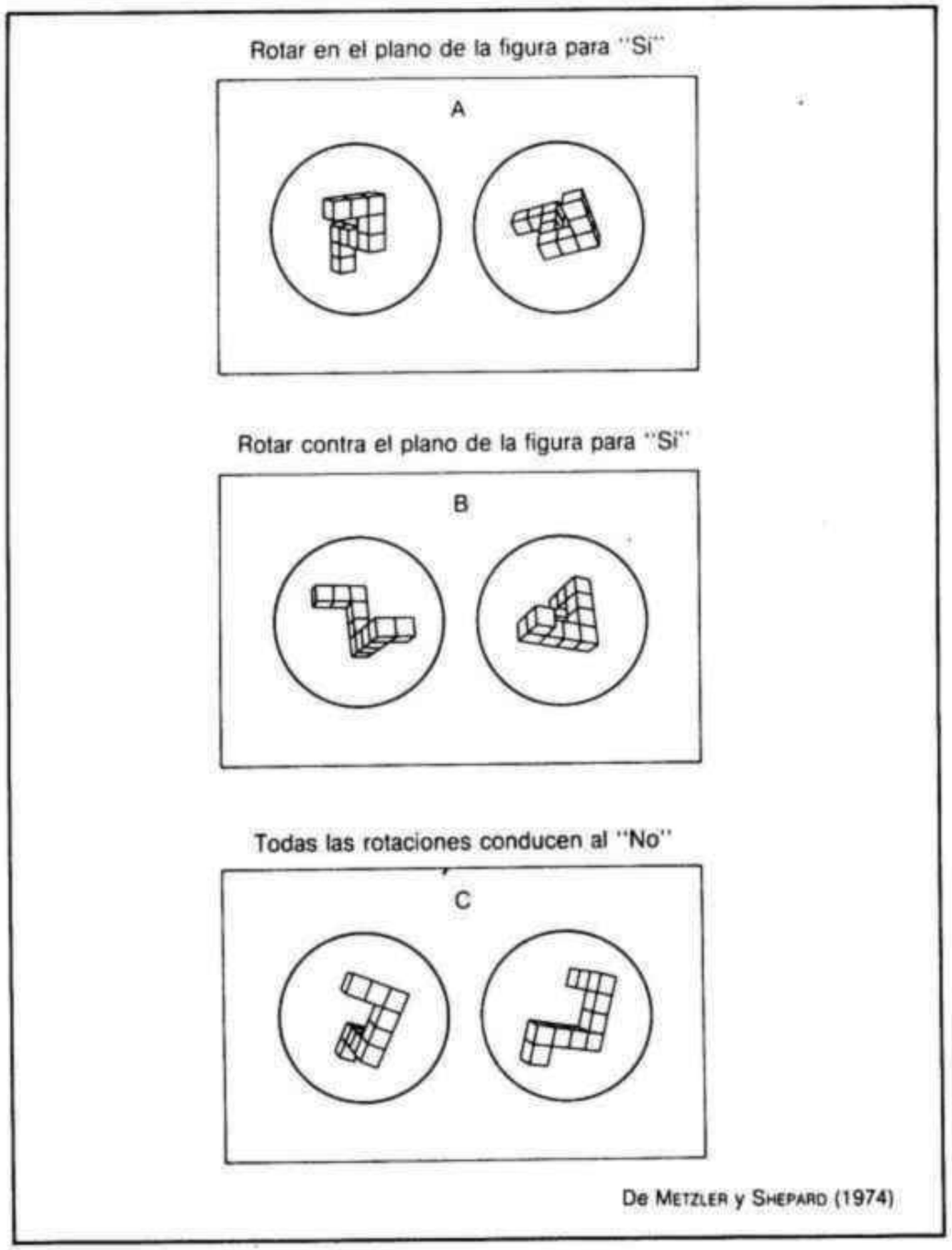


Adaptado de Cooper y Shepard (1973a)

que una figura debe ser rotada en el mismo plano que el dibujo. Otros pares (como el par B) también son idénticos, excepto que una figura debe ser rotada perpendicularmente al plano del dibujo. Por último, otros pares no son idénticos, aunque hay que rotar uno para poder advertirlo con claridad. La cantidad de rotación necesaria para hacer coincidir las dos figuras en cada ensayo era de 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 o 180 grados. Una rotación de 0 grados significa que los dos objetos tienen la misma orientación, y una rotación de 180 grados significa que uno está hacia abajo respecto del otro; los del cuadro 8-11 muestran todos una rotación de 80 grados. La tarea del sujeto consiste en apretar un botón rotulado «igual» si las dos figuras son idénticas y apretar un botón rotulado «diferente» si no son idénticas.

Considere el lector los estadios de procesamiento necesarios en esta tarea. El lector debe codificar los estímulos, rotar uno de ellos hasta que esté en la misma orientación que el otro, decidir si coinciden y luego responder. Estos estadios son bastante similares a los esbozados en el cuadro 8-9 para la tarea de rotación de letras. Por ejemplo, el tiempo para rotar una figura 20 grados puede ser determinado restando el tiempo para la orientación de 0 grados del tiempo necesario para la rotación de 20 grados.

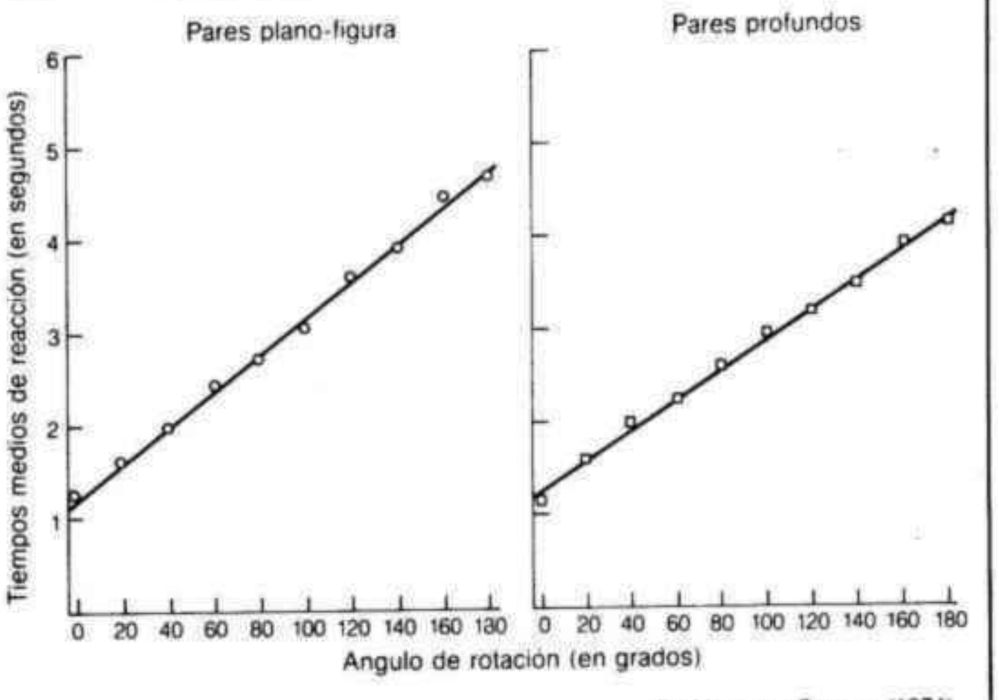
Cuadro 8-11 Ejemplos de estímulos utilizados en las tareas de rotación de figuras



De Metzler y Shepard (1974)

En el cuadro 8-12 se resumen los resultados de tiempo de respuesta para las tareas de tres dimensiones. Los tiempos de respuesta aumentan cerca de

Cuadro 8-12 Tiempos de respuesta en la tarea de rotación de figuras



De METZLER y SHEPARD (1974)

20 segundos en cada 20 grados adicionales de rotación. Estos resultados son consistentes con los modelos de estadio descritos antes; por ejemplo, la tarea de orientación de 80 grados requiere los mismos procesos que la de 60 grados más un estadio adicional —rotar una imagen 20 grados más—. Estos estudios han sido comprobados (COOPER, 1975, 1976) y aportan una demostración convincente de que el enfoque por cronometría mental puede aplicarse a tareas no verbales.

Tareas de verificación oración-dibujo

Otra cuestión importante que generó una considerable cantidad de investigaciones se refiere a los estadios del procesamiento de información necesarios para la comprehensión de una oración. El método básico experimental consiste en presentar una oración simple junto con un dibujo y preguntar al sujeto si los dos son consistentes entre sí.

Por ejemplo, CLARK y CHASE (1972) presentaron oraciones como «la estrella está encima del signo más», junto con dibujos de símbolos como *+. Se pedía a los sujetos que apretaran el botón «verdadero» si la oración coincidía con el dibujo, como sucede en este ejemplo, o que apretaran el botón «falso» en el caso contrario. Se hacían cuatro tipos de preguntas y según los siguientes ejemplos:

verdadera-afirmativa (VA)	estrella arriba del más *+
falsa-afirmativa (FA)	más arriba de estrella +*
falsa-negativa (FN)	estrella no está arriba de más +*
verdadera-negativa (VN)	más no está encima de estrella *+

Las respuestas a estos cuatro ejemplos son verdadero, falso, falso, verdadero.

JUST y CARPENTER (1971) utilizaron oraciones que se referían al color de unos puntos junto con un dibujo de puntos que eran ya sea rojos o negros, por ejemplo:

verdadera-afirmativa (VA)	los puntos son rojos (dibujo de puntos rojos)
falsa-afirmativa (FA)	los puntos son negros (dibujo de puntos rojos)
falsa-negativa (FN)	los puntos no son rojos (dibujo de puntos rojos)
verdadera-negativa (VN)	los puntos no son negros (dibujo de puntos rojos)

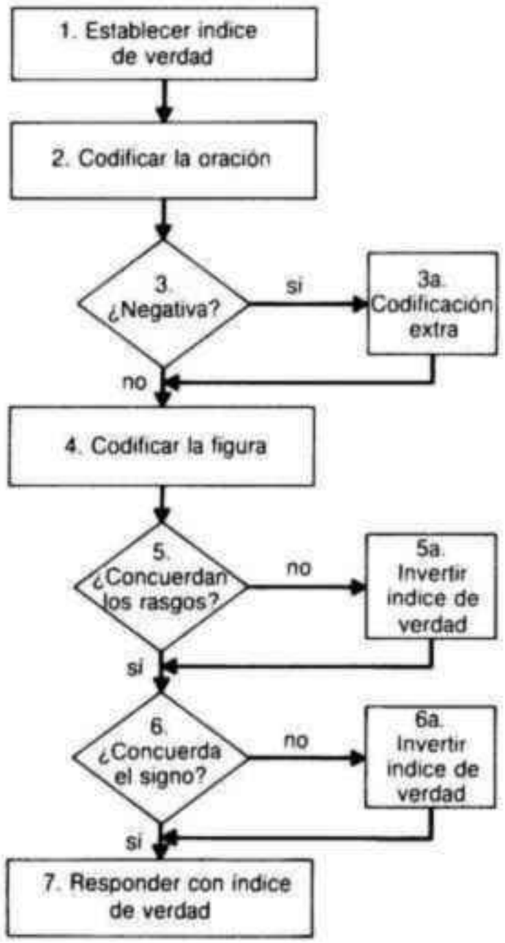
¿Podría el lector determinar los pasos necesarios para cada tarea mientras intenta resolver un problema de verificación oración-dibujo? ¿Requieren algunos problemas más procesos que otros? En primer lugar, consideremos cómo pueden ser codificados el dibujo y la oración. Una forma de representar el dibujo y la oración es expresar cada uno como una hilera formada por rasgos (entre paréntesis) y un signo (frente al paréntesis). Por ejemplo, la oración «la estrella está encima del signo más» podría ser representada por AF (estrella encima del +) o bien «la estrella no está encima del +» podría ser representada por NEG (estrella encima del +) con el dibujo *+ que representaría a AF (estrella encima del +) donde AF significa «afirmativa» y NEG significa «negativa». En realidad, podemos suponer que las hileras afirmativas no necesitan ir marcadas, pero las hileras negativas sí.

Los cuatro estadios básicos que podrían necesitarse para comparar oraciones con dibujos son:

Tiempo de lectura y de respuesta, el tiempo para codificar cada dibujo y cada oración y el tiempo para ejecutar una respuesta.

Tiempo de negación, tiempo extra necesario para codificar una oración que contiene una partícula negativa.

Cuadro 8-13 Procesos componentes de la tarea de verificación oración-dibujo



Nota: Los rectángulos representan procesos, los rombos representan decisiones.

Adaptado de CHASE y CLARK (1972)

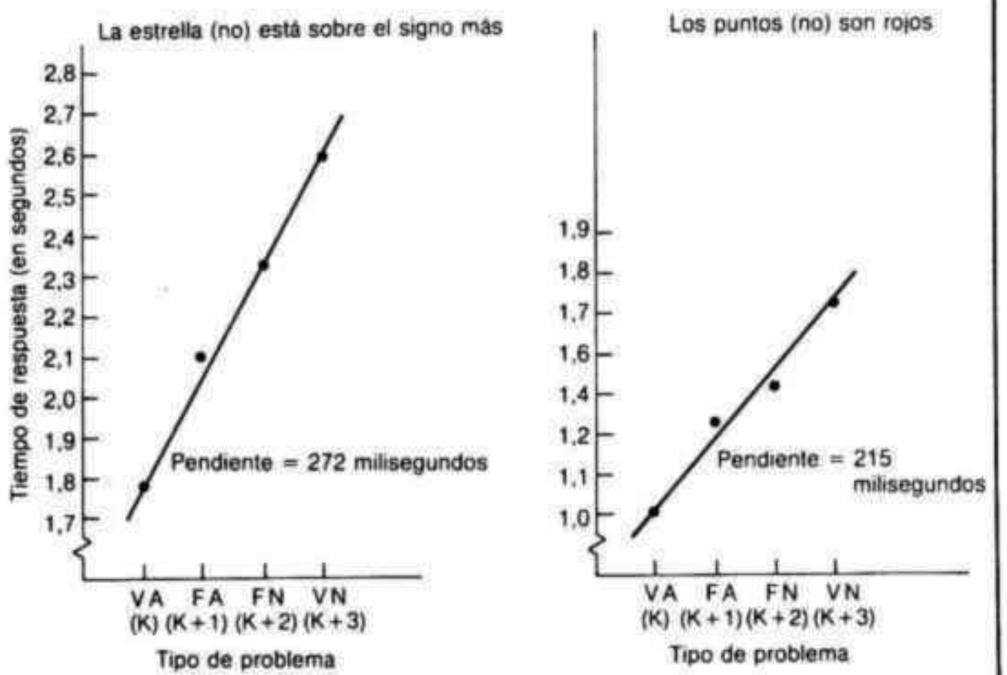
Tiempo para los rasgos que no concuerdan, tiempo extra necesario cuando los rasgos de las dos hileras codificadas no concuerdan (por ejemplo, una oración dice «puntos rojos» y la figura muestra puntos negros).

Tiempo para los signos que no concuerdan, tiempo extra necesario cuando los signos de las dos hileras codificadas no concuerdan (la oración es negativa pero el dibujo es afirmativo, por ejemplo).

Se han sugerido modelos (CLARK y CHASE, 1972; CHASE y CLARK, 1972) basados en estos estadios, en los cuales se codifican oraciones y dibujos y luego se comparan los rasgos y los signos.

Cuadro 8-14 Tiempos de respuesta en cuatro tipos de problemas de verificación oración-dibujo

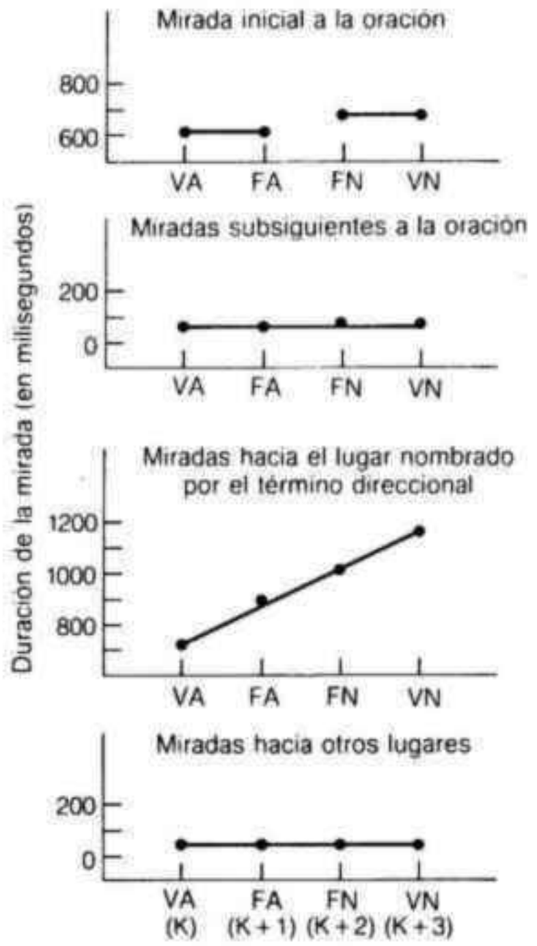
Tipo de problema	Componentes	Pasos
VA	Pasos 1 al 7	K
FA	Pasos 1 al 7 más 5a	K + 1
FN	Pasos 1 al 7 más 3a, 6a	K + 2
VN	Pasos 1 al 7 más 3a, 5a, 6a	K + 3



Adaptado de CLARK y CHASE (1972) y JUST y CARPENTER (1971)

El cuadro 8-13 es un diagrama de flujo basado en estos estadios. El primer paso consiste en establecer el «índice verdadero» a lo «verdadero», lo que significa que si no hay discordancias el sujeto responderá «verdadero». Luego, en los estadios 2, 3 y 4, los ítems presentados deben ser codificados en hileras de la forma «signo (rasgos)» para la oración y «signo (rasgos)» para el dibujo. Si no hay negativas, no hay necesidad de incluir un signo puesto que se sobreentiende AF, pero si la oración contiene una negación se necesita un tiempo extra para incluir el signo NEG en la representación (estadio 3). La siguiente decisión (estadio 5) implica comparar los rasgos de las dos hileras; si concuerdan, el sujeto pasa al estado siguiente sin demora, pero si no, el sujeto debe cambiar el índice de verdad, lo cual implica un tiempo extra de procesamiento. La decisión final (estadio 6) incluye la comparación de los signos

Cuadro 8-15 Duración de las fijaciones del ojo en cuatro tipos de problemas de verificación oración-dibujo



Adaptado de JUST y CARPENTER (1976)

de las dos hileras: si concuerdan, el sujeto pasa al estadio final (estadio 7), pero si no, el sujeto debe invertir el índice de verdad. De modo que hay tres estadios que pueden añadir un tiempo extra: si la oración contiene una negación (estadio 3), si los rasgos no concuerdan (estadio 5) o si los signos no concuerdan (estadio 6).

Este modelo predice que los problemas verdadero-afirmativo (VA) requieren tiempo para cada uno de los pasos pero no un tiempo extra, que llamaremos estadios K. Los problemas falso-afirmativo (FA) requieren tiempo para cada uno de los mismos pasos más un tiempo extra del paso 5, puesto que los

rasgos no concuerdan; los estadios son K + 5a. La falsa-negativa (FN) requiere los mismos pasos que VA así como tiempo extra 3a y 6a a causa de la negativa; los estadios son K + 3a + 6a. Por último, los problemas verdadero-negativo requieren todos los pasos básicos más los tres pasos extra; los estadios K + 3a + 5a + 6a. De modo que VA sólo requiere el tiempo para pasar por los siete estadios básicos, FA necesita ese tiempo más el tiempo para un proceso más, FN requiere K más dos procesos más y VN requiere K y tres procesos más. Estas predicciones se resumen al final del cuadro 8-13.

Algunos tiempos de respuesta típicos para los cuatro tipos de problemas se presentan en el cuadro 8-14. Como lo muestran ambos gráficos, el tiempo para responder aumenta en las preguntas que requieren más estadios de procesamiento. En una revisión de estudios de verificación oración-dibujo, CARPENTER y JUST (1975) confeccionaron una lista de 10 experimentos, obteniendo todos iguales resultados. En todos los casos, el tiempo de respuesta aumentaba de lo más bajo a lo más alto siguiendo el orden VA, FA, FN, VN, como lo predice el modelo de proceso del cuadro 8-13. CARPENTER y JUST (1975) crearon un modelo de gráfico más sofisticado que aporta predicciones más específicas.

En los experimentos realizados, JUST y CARPENTER (1976) examinaron la tarea de verificación oración-dibujo registrando las fijaciones del ojo del sujeto a medida que respondía a los cuatro tipos de preguntas (VA, FA, FN, VN). Por ejemplo, una pregunta típica (en este caso, VA) sería la del cuadro 8-15. Just y Carpenter midieron la duración de la mirada inicial dirigida a la oración en el medio (tal vez una medida del tiempo de codificación), las miradas subsiguientes a la oración, miradas al lugar que se nombraba en la oración, como por ejemplo «norte» (tal vez una medida del tiempo de procesamiento), y las miradas hacia los otros lugares. Mirando una oración negativa —por ejemplo «no es norte»— se usaba un promedio de 57 milisegundos más que mirando una oración afirmativa —«es norte»— tal vez indicando un tiempo añadido de codificación para las negativas. También la duración de la mirada en el lugar indicado aumentaba de VA a FA a FN a VN, tal vez indicando comparaciones adicionales a una razón de 135 milisegundos por comparación. De modo que la duración de la mirada inicial a la oración parece estar relacionada con el tiempo de codificación, y la duración de la mirada en el lugar indicado está relacionada con el procesamiento de concordancia-no concordancia mientras que las otras dos medidas indican una actividad azarosa que es constante en todas las preguntas. Estos resultados son alentadores porque dan apoyo al modelo de estadios utilizando un procedimiento experimental totalmente diferente.

Existen, sin embargo, algunos problemas en el análisis de los estadios durante la verificación oración-dibujo, tal como se ha explicado hasta aquí. Por ejemplo, hay evidencia de que las diferentes personas utilizan diferentes técnicas para representar la información en las tareas de verificación oración-di-

bujo (PELLEGRINO y GLASSER, 1979; HUNT y MACLEOD, 1979). Estas diferencias se discuten más a fondo en el capítulo 12; sin embargo, esta investigación sugiere que puede no ser posible un gráfico de flujo que se ajuste a todas las personas para una tarea dada.

Evaluación

En este capítulo el lector ha visto cómo pueden ser aplicados el análisis de estadios o la cronometría mental a cuatro tareas cognitivas simples: concordancia de letras, barrido de memoria, rotación de imágenes y verificación oración-dibujo. En las cuatro situaciones se siguió el mismo procedimiento. En primer lugar, varias versiones relacionadas de una tarea se dividieron en una serie de componentes. Luego se obtuvieron los tiempos de respuesta para cada versión de la tarea. Como se esperaba, los tiempos de respuesta estaban relacionados con el número de estadios incluidos en la tarea. Los tiempos de los estadios individuales fueron determinados utilizando el método de sustracción: restando el tiempo de una tarea del tiempo de otra tarea que implica todos los mismos procesos más uno. De esta forma, puede descubrirse que las imágenes mentales se rotan a razón de 60 milisegundos por 60 grados, que las letras pueden rastrearse en la memoria a razón de 38 milisegundos por letra, que el tiempo para encontrar el nombre de una letra en la memoria es de cerca de 75 milisegundos o que el tiempo para codificar una negativa es de cerca de 100 milisegundos.

En la superficie, estas técnicas parecen ser exitosas. Sin embargo, existen serios problemas con los presupuestos del enfoque por análisis de los estadios. Por ejemplo, el supuesto de que una tarea puede ser dividida en estadios queda sujeto a discusión porque diferentes investigadores pueden inventar diferentes modelos para las mismas tareas, diferentes sujetos pueden pasar de una serie de estadios a otra con la práctica y los componentes pueden no ser separables. Problemas similares se han presentado en relación con los presupuestos del procesamiento serial, la legitimidad del método de sustracción y los presupuestos acerca del tiempo (POSNER, 1978; STERNBERG, 1975).

Por último, el análisis de los estadios puede criticarse por tener un objetivo muy limitado. Por ejemplo, no queda claro si los modelos de análisis de estadios nos dicen algo acerca de cómo trabaja la mente humana o acerca de la naturaleza de tareas específicas. Supongamos que dentro de veinte años tengamos claros modelos de estadios de las principales tareas cognitivas. ¿Tendremos entonces una teoría completa sobre la resolución humana de problemas? Tendríamos una lista de los «procesos primitivos» implícitos en las tareas intelectuales —procesos como comparar, incrementar, establecer un cálculo, codificar, etcétera—. Sin embargo todavía necesitaríamos información respecto a las estrategias que usan las personas para decidir cómo resolver un

problema, así también sobre cómo se representan el problema. De modo que el análisis de estadios es sólo un componente de una teoría más amplia sobre la resolución de problemas.

Lecturas recomendadas

POSNER, M.I.: *Chronometric explorations of mind.* Hillsdale, N.J., Erlbaum, 1978. Una introducción a la investigación y la teoría que utiliza la cronometría mental.

9 Teoría de los esquemas lógicos: El pensamiento como un esfuerzo en pos del significado

Definición del pensamiento de acuerdo con la teoría de los esquemas lógicos
Teoría de los esquemas lógicos de Bartlett
Comprensión de las oraciones
Comprensión de los pasajes

Tareas de lectura

Suponga el lector que le pido que lea un pasaje en prosa, como un cuento breve o una lección de un libro de texto. ¿De qué forma comprende y recuerda el pasaje? Supongamos que lee y conoce el significado de cada palabra. Además, supongamos que lee con mucho cuidado cada oración y que conoce las reglas de la sintaxis. ¿Es esto todo lo que el lector tiene que conocer para comprender un pasaje?

Para tener una idea más completa de lo que está implícito en un proceso de comprensión, lea por favor el pasaje del cuadro 9-1. Todas las palabras son bastante comunes y con seguridad conoce lo que cada una significa. Todas las oraciones siguen las reglas gramaticales del castellano, con las que el lector está familiarizado. El lector es capaz de leer cada palabra y cada oración, con muy poco esfuerzo. Sin embargo, cuando intenta comprender el pasaje... ¿le encuentra algún sentido? ¿Cómo clasificaría su comprensión en una escala del 1 al 7?

1	2	3	4	5	6	7
comprendo						no comprendo

Cuando BRANSFORD y JOHNSON (1972) mostraron a sus sujetos este pasaje, la mayoría lo encontró difícil de comprender y casi todos tuvieron un rendimiento muy bajo de retención del pasaje.

Cuadro 9-1 El pasaje de los globos

> Si los globos cayeran, el sonido no podría llegar puesto que todo estaría demasiado lejos del piso apropiado. Una ventana cerrada también impediría la llegada del sonido puesto que la mayoría de los edificios tienden a estar bien aislados. Puesto que toda la operación depende del flujo constante de electricidad, una ruptura en la mitad del cable también causaría problemas. Por supuesto que el joven podría gritar, pero la voz humana no es lo bastante potente como para llegar tan lejos. Un problema tradicional es que podría romperse una cuerda del instrumento. Entonces no habría acompañamiento para el mensaje. Es claro que la mejor situación sería una que implicara menor distancia. Entonces habría menos problemas potenciales. En un contacto cara a cara, disminuiría muchísimo el número de problemas.
>
> De BRANSFORD y JOHNSON (1972)

Ahora mire el lector la ilustración del cuadro 9-2, que va junto con el pasaje. Lea nuevamente el pasaje del cuadro 9-1. ¿Lo comprende mejor ahora? ¿Cómo clasificaría su comprensión?

1	2	3	4	5	6	7
comprendo						no comprendo

Cuando BRANSFORD y JOHNSON (1972) mostraban la ilustración junto con el pasaje los sujetos podían comprenderlo y recordarlo mucho mejor.

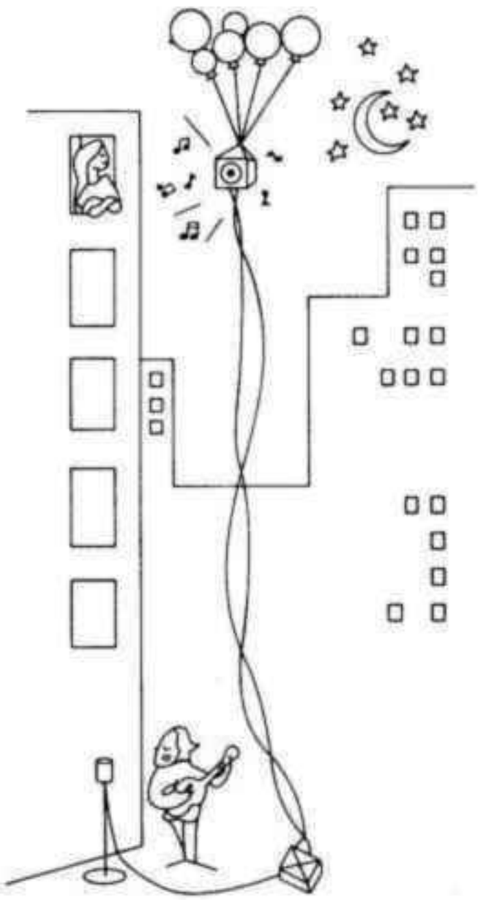
¿Por qué es más fácil comprender el pasaje junto con la ilustración? ¿Qué es lo que la ilustración aporta? El pasaje del cuadro 9-1 aparece fuera de contexto y no tiene tema aparente. La ilustración del cuadro 9-2 aporta un contexto al pasaje, lo que BRANSFORD y otros (1979) denominaron un «esquema lógico». Un esquema lógico aporta una estructura general al pasaje y permite al lector reunir la información en una organización general.

* * *

Definición del pensamiento según la teoría de los esquemas lógicos

Los capítulos 3 y 4 sobre la teoría de la Gestalt presentaron la idea de que la comprensión de un problema depende de cómo el problema es representado en la memoria del individuo. Además, estos capítulos sobre la psicología de la Gestalt enfatizaron el papel de la «comprensión del problema» como la clave para la resolución de problemas. Este capítulo sigue el mismo enfoque de representación en la memoria, pero pone el énfasis en la forma en que se

Cuadro 9-2 Dibujo para el pasaje de los globos



De BRANSFORD y JOHNSON (1972)

comprenden y se representan en la memoria las oraciones y los pasajes en prosa. Como el lector verá, la comprensión de oraciones es un proceso de resolución de problemas en el cual deben captarse relaciones entre elementos y construir una representación integrada de los mismos. Por ejemplo, GREENO (1978, pág. 243) ha señalado: «Es posible establecer una estrecha analogía entre el proceso... de resolver un problema y el proceso de comprender una oración.»

La teoría de los esquemas lógicos presentada en este capítulo encara la resolución de problemas como un proceso de comprensión. La teoría de los esquemas es un adelanto porque ofrece una descripción más precisa del proceso de comprensión que la teoría de la Gestalt. De acuerdo con la teoría de los

Cuadro 9-3 Tres versiones de *La guerra de los fantasmas*

Versión original

La guerra de los fantasmas

Una noche dos jóvenes de Egulac bajaron al río a cazar focas, y mientras estaban allí todo fue invadido por la neblina y la calma. Entonces escucharon gritos de guerra y pensaron: «Tal vez sea una fiesta guerrera». Escaparon hacia la costa y se escondieron tras de un tronco. Entonces aparecieron canoas, y escucharon el ruido de los remos y vieron que una canoa se acercaba hasta ellos. Había cinco hombres en la canoa, y dijeron:

«¿Que opináis? Queremos llevaros con nosotros. Vamos río arriba a hacer la guerra al pueblo.»

Uno de los jóvenes dijo: «No tengo flechas.»

«Las flechas están en la canoa», dijeron ellos.

«Yo no iré. Pueden matarme. Mis familiares no saben adónde fui. Pero tú», dijo, volviéndose hacia el otro, «puedes ir con ellos.»

De modo que uno de los jóvenes fue y el otro volvió a casa.

Y los guerreros siguieron río arriba hasta una ciudad al otro lado del Kalama. El pueblo llegó hasta el agua y comenzaron a luchar, y muchos murieron. Pero el joven oyó que uno de los guerreros decía: «Rápido, vamos a casa, uno de los indios ha sido alcanzado». Entonces el joven pensó: «Oh, son fantasmas». No se sentía enfermo, pero ellos dijeron que él había sido herido.

De modo que en las canoas regresaron a Egulac y el joven volvió a su casa, y encendió fuego. Y lo contó a todo el mundo y dijo: «Seguro que acompañé a los fantasmas y fuimos a luchar. Muchos de los nuestros fueron muertos, y muchos de los que nos atacaron también. Ellos dijeron que yo había sido herido y no me sentía enfermo».

Lo contó todo y luego se quedó en silencio. Cuando el sol salió, cayó al suelo. Algo negro salió de su boca. Su cara se contrajo. La gente se levantó de un salto y lloró.

El joven estaba muerto.

Versión reproducida por el primer sujeto

La guerra de los fantasmas

Había dos jóvenes indios que vivían en Egulac y fueron hasta el mar a cazar focas. Y estaban cazando y estaba muy neblinoso y calmo. Al poco rato escucharon gritos y salieron del agua y fueron a esconderse detrás de un tronco. Luego escucharon el sonido de unos remos y vieron cinco canoas. Una canoa vino hacia ellos y había cinco hombres dentro, que gritaron a los dos indios diciéndoles: «Venid con nosotros río arriba y haremos la guerra al pueblo de allí».

Pero uno de los indios contestó: «Nosotros no tenemos flechas».

«Hay flechas en la canoa.»

«Pero podrían matarme y mi gente me necesita. Tú no tienes padres», le dijo al otro, «tú puedes ir con ellos si quieres. Yo me quedaré aquí.»

De modo que uno de los indios fue pero el otro se quedó atrás y volvió a casa. Y las canoas fueron río arriba hasta el otro lado del Kalama y lucharon contra el pueblo de allí. Muchos del pueblo murieron y muchos de la canoa también.

Entonces uno de los guerreros llamó al joven indio y le dijo: «Vuelve a la canoa Has sido herido por una flecha». Pero el indio se asombró, porque no se sentía enfermo.

Y entonces, cuando muchos habían caído de ambos lados regresaron a las canoas y río abajo, y el joven volvió a Egulac.

Entonces les contó cómo había habido una batalla y cómo muchos habían caído y cómo el guerrero le había dicho que estaba herido y sin embargo él no se sentía enfermo. De modo que les contó la historia y se sintió débil. Era cerca del alba cuando se sintió débil y cuando el sol salió cayó al suelo. Y entonces dio un grito y cuando abrió la boca una cosa negra salió.

Ellos corrieron para levantarlo, preguntando. Pero cuando le hablaron no contestó.

Estaba muerto.

Versión reproducida por el décimo sujeto

La guerra de los fantasmas

Dos indios habían salido a cazar focas en la Bahía de Manpapan, cuando llegaron otros indios en una canoa de guerra. Iban a luchar.

«Venid con nosotros», dijeron los cinco a los dos, «y luchad.»

«Yo no puedo ir», dijo uno, «pues tengo una madre anciana en casa que depende de mí.» El otro dijo que no podía ir, porque no tenía armas. «Eso no es ningún problema», dijeron los otros, «pues tenemos muchas en la canoa»; de modo que subió a la canoa y se fue con ellos.

En una pelea poco después este indio fue herido de muerte. Cuando vio que su hora había llegado, gritó que estaba por morir. «Tonterías», dijo uno de los otros, «no morirás.» Pero murió.

De Bartlett (1932)

esquemas, comprender implica la construcción de un esquema y la asimilación de la información entrante al esquema. Por ejemplo, al leer el pasaje del cuadro 9-1, el lector debe 1) construir un esquema acerca de que la narración tiene que ver con una serenata y 2) asimilar los hechos de la narración al esquema para concentrar la información acerca de los personajes y la ubicación.

Si bien cada teórico ofrece una concepción ligeramente diferente de los esquemas, una definición general de *esquema* contendría los siguientes puntos:

General, un esquema puede ser utilizado en una amplia gama de situaciones para enmarcar la comprensión de la información entrante.

Conocimiento, un esquema existe en la memoria como algo que una persona conoce.

Estructura, un esquema está organizado alrededor de un tema.

Comprensión, un esquema contiene «huecos» que son llenados por la información específica del pasaje.

De modo que un esquema es una estructura general del conocimiento utilizada para la comprensión. Un esquema sirve para seleccionar y organizar la información entrante en un marco integrado y con sentido. La naturaleza precisa de este marco y su rol en la comprensión es el centro de la teoría de los esquemas y de este capítulo.

Teoría de los esquemas lógicos de Bartlett

BARTLETT (1932) fue el primero de los psicólogos que plantearon la pregunta acerca de cuáles son los procesos que la gente usa para recordar. Como ejemplo, consideremos «la guerra de los fantasmas» del cuadro 9-3. Léalo el lector otra vez, a su ritmo normal, y luego aparte el texto y trate de reproducir de memoria, sobre el papel, lo que acaba de leer.

Este ejemplo pertenece al trabajo pionero de Bartlett y está resumido en su deliciosa monografía *Remembering* (1932). En sus experimentos, Bartlett utilizó una versión del juego infantil del «teléfono», en el cual una cadena de personas se va pasando un mensaje, que cambia un poco en cada transmisión. Bartlett denominó a este procedimiento «método de reproducción serial» y lo utilizó de la manera siguiente: mostraba historias populares o dibujos de culturas desconocidas a estudiantes ingleses y pedía al sujeto 1 que leyera la historia, la reprodujera de memoria y la pasara al sujeto 2, que a su vez la leería, la reproduciría de memoria y la pasaría al sujeto 3 y así sucesivamente.

Bartlett observó que en estos estudios se producía algo muy curioso. Las historias (y las figuras) cambiaban a medida que se iban transmitiendo, pero cambiaban de manera sistemática. La versión de la historia reproducida por el sujeto 10, que aparece en el cuadro 9-3, es uno de los muchos ejemplos en los cuales Bartlett basó las siguientes observaciones:

Nivelación o allanamiento. La mayoría de los detalles, como nombres propios (Egulac, Kalama), títulos (La guerra de los espíritus) y el estilo individual de escritura, tendían a desaparecer. Bartlett atribuyó esta pérdida al hecho de que los estudiantes secundarios ingleses no tenían experiencia previa con cuentos populares pertenecientes a otras culturas, o a espíritus o fantasmas: de este modo, y puesto que en este caso el aprendizaje requería la asimilación de material nuevo a los conceptos existentes, los estudiantes se encontraban en dificultades. Según BARTLETT (1932, pág. 172): «Sin algún encuadre o rotulación general como hemos visto repetidas veces, no se puede asimilar ni recordar ningún material.»

Agudización. Pueden ser retenidos e incluso exagerados unos pocos detalles. Aparentemente, los sujetos pueden almacenar un esquema y unos pocos datos seleccionados.

Racionalización. Los pasajes tendían a volverse más compactos, más coherentes y más consistentes con las expectativas del lector. Todas las referencias a los espíritus y los fantasmas se desvanecían y el relato se convirtió en una simple historia de batallas. Bartlett llamó *racionalización* a este proceso y argumentó que el lector estaba activamente comprometido en un «esfuerzo en pos del significado»: un intento por hacer encajar la historia en sus expectativas individuales. Puesto que los conceptos místicos no son un factor importante en la cultura occidental, los aspectos místicos de la historia no se recordaban bien; en cambio, muchos sujetos tendían a extraer una «moraleja», práctica muy extendida en otros cuentos que conocían.

Aunque el trabajo de Bartlett quedó relegado durante muchos años mientras los conductistas dominaban el estudio de la psicología en los Estados Unidos, ahora es reconocido como uno de los principales pioneros de la moderna psicología cognitiva porque sugirió dos ideas fundamentales acerca de los procesos mentales humanos:

Aprendizaje y memoria. El acto de comprender material nuevo requiere «un esfuerzo en pos del significado». Al leer un texto complejo, o al adquirir una nueva información, los humanos deben asimilar el nuevo material a los conceptos existentes o esquemas. El resultado del aprendizaje —lo que se almacena en la memoria— no duplica exactamente lo presentado, sino que depende tanto de lo presentado como del esquema al cual se lo asimila. Las personas modifican la información nueva para hacerla encajar en los conceptos preexistentes y, en el proceso, se pierden los detalles y el conocimiento se vuelve más coherente con el individuo.

Recuerdo y memoria. El acto de recordar requiere un «proceso de construcción» activo; cuando se recuerda se utiliza un esquema existente para generar o construir detalles que sean consistentes con el recuerdo. La memoria no es detallada sino más bien esquemática, es decir, que está basada en impresiones generales. Si bien el recuerdo produce detalles específicos que parecen ser correctos, muchos de ellos son en realidad erróneos.

CARMICHAEL, HOGAN y WALTER (1932) aportaron evidencia complementaria a la teoría de Bartlett utilizando dibujos y dándoles a los sujetos un método para interpretarlos. Mostraron a sus sujetos una serie de 12 figuras como las del cuadro 9-4 y a cada una le pusieron un nombre. Antes de presentar la figura 1, por ejemplo, el experimentador decía: «Esta figura se parece a unas gafas», o «Esta figura parece una pesa». Respecto de la figura 4 el experimentador podía sugerir «una escopeta» o «una escoba». Cuando se

Cuadro 9-4 Efectos sobre la memoria de los rótulos verbales para figuras ambiguas

Figura presentada a los sujetos	Figura reproducida por los sujetos con la lista de rótulos n. 1	Figura reproducida por los sujetos con la lista de rótulos n. 2
	gafas	pesas
	reloj de arena	mesa
	siete	cuatro
	escopeta	escoba

Adaptado de CARMICHAEL, HOGAN y WALTER (1932)

pedía a los sujetos que reprodujeran esas figuras de memoria, los dibujos tendían a ser influidos por los rótulos que se les habían dado durante la presentación. Estos resultados eran consistentes con la idea de Bartlett de que la memoria de figuras o pasajes implica la asimilación a esquemas; en este caso los rótulos podían haber servido como esquemas.

El trabajo de Bartlett fue estimulante porque demostró que la memoria es «esquemática»: tanto el aprendizaje como el recuerdo están basados en esquemas generales más que en esquemas específicos. Sin embargo, el trabajo de Bartlett no alcanzó predicciones claras o potentes; por ejemplo, no podía predecir qué detalles se «perderían» en un pasaje o las formas que utilizaría un sujeto para hacer un pasaje más coherente. En cierto sentido, el trabajo de los modernos psicólogos cognitivos ha sido esclarecer las ideas de Bartlett y de los psicólogos de la Gestalt y comprobar y afinar sus teorías. El método básico que se utilizó para esto es conocido como «el método del recuerdo», en el cual se presenta a los sujetos un material verbal complejo y se les hacen preguntas acerca del mismo.

Comprensión de oraciones

La teoría de Chomsky

El actual renacimiento del interés por la psicolingüística, y especialmente el estudio de cómo se comprenden y almacenan las oraciones, fue tratado por

CHOMSKY en su teoría «generativa» del lenguaje (1957, 1959, 1965, 1968). Aunque la compleja teoría de Chomsky es una teoría lingüística más que una teoría psicológica comprobada, incluye tres ideas básicas que han atraído a los psicólogos:

La distinción entre estructura superficial y estructura profunda. La estructura superficial de una oración es la forma en que es escrita o hablada; su estructura profunda es la forma en que está representada en la memoria. Por ejemplo, la oración «La pelota fue golpeada por Juan» puede ser almacenada en la estructura profunda «Juan golpeó la pelota». Pensar, aparentemente, está basado en la estructura profunda del lenguaje.

Reglas de transformación. El lenguaje consiste en un conjunto de reglas para convertir estructuras superficiales en estructuras profundas (comprehensión) y estructuras profundas en estructuras superficiales (recuerdo y comunicación).

Gramática universal. Algunas características son compartidas por todos los usuarios del lenguaje.

El enfoque cognitivo de Chomsky en relación con el lenguaje se produjo como alternativa a la idea de B. F. SKINNER expresada en su libro *Verbal Behavior* (1957) de que el lenguaje es un comportamiento aprendido sometido a las leyes del condicionamiento. Al introducir la idea de la estructura profunda y de las reglas de transformación, Chomsky sugirió que la estructura de la memoria —de qué forma se almacenan y utilizan las oraciones— no es necesariamente igual a la estructura superficial. Desafortunadamente, la teoría de Chomsky no estaba basada en una investigación psicológica sino más bien en argumentos lógicos. Consideremos por ejemplo la oración «They are eating apples» (Están comiendo manzanas)[1]. Según Chomsky, el significado de esta oración depende de cómo uno transforme la estructura profunda; si se asume que «they» se refiere a personas, la estructura profunda es muy diferente que si «they» se refiere a manzanas. (Yo descubrí un ejemplo similar colocando en una lavandería: «No responsables por las ropas que puedan robarse».) La importancia de estos ejemplos es que muestran cómo la misma estructura superficial puede llevar a diferentes estructuras profundas; aparentemente el estudio de la estructura superficial o el comportamiento verbal por sí sólo no explica adecuadamente la comprensión humana del lenguaje.

Otra importante distinción respecto a las oraciones es la distinción entre *sintaxis* —el orden de las unidades del lenguaje, como lo especifican las reglas

1. [T] En inglés «They are eating apples» se puede leer como «Ellos están comiendo manzanas» o bien como «Son manzanas comestibles», según el artículo definido «They» se refiera a un sujeto del verbo comer, o designe a las manzanas.

gramaticales— y *semántica* —el significado, o aquello a que se refiere, de una oración—. Se realizaron investigaciones en número considerable acerca de la importancia tanto de la sintaxis como de la semántica en la comprensión y rememoración de oraciones.

Por ejemplo, MILLER y SELFRIDGE (1950) estudiaron el rol de la sintaxis en la memorización de oraciones variando las oraciones de «aproximación al inglés» en cadenas de palabras. Se construían cadenas de palabras en base a un muestreo azaroso de palabras (aproximación cero-orden), un muestreo al azar de palabras de un texto típico (primer-orden), un texto real tomado de un pasaje típico (texto) o haciendo aproximaciones de segundo, tercer, cuarto, quinto o séptimo orden de aproximación al inglés. El procedimiento para desarrollar el segundo-orden, por ejemplo, era solicitar a un sujeto que completara una oración que comenzaba con una palabra impuesta por los investigadores. A su vez se pedía a un segundo sujeto que completara una oración que comenzaba con la palabra inmediatamente siguiente a la impuesta al primer sujeto. Entonces la primera palabra del segundo sujeto era pasada a un tercero y así sucesivamente. Las primeras nuevas palabras producidas por cada sujeto sucesivo se ponían en una cadena que era llamada aproximación de segundo-orden al inglés; para obtener tercer-orden, Miller y Selfridge tomaron las dos primeras palabras dadas por cada sujeto y así sucesivamente. Los ejemplos se presentan en el cuadro 9-5.

Siguiendo estos métodos se construyeron listas de 10, 20, 30 o 50 palabras; se pedía a nuevos sujetos que escucharan la lista y luego que las recordaran en orden. Los resultados del cuadro 9-5 muestran que cuanto más se aproximaban al inglés las cadenas de palabras, tanto más se recordaban. Miller y Selfridge sacaron la conclusión de que cuando leen prosa normal, las personas usan su conocimiento de la sintaxis (reglas gramaticales) como ayuda para la comprensión y rememoración y que no se limitan a almacenar y recordar simplemente cada palabra aislada.

También se han hecho muchos trabajos sobre el papel de la semántica en la rememoración de oraciones. Por ejemplo, MILLER (1962) ha sugerido que comprender y almacenar una oración implica transformarla en una oración «núcleo» (N) más una «nota al pie» acerca de la estructura sintáctica. Esta teoría predice que una oración como «El niño golpea la pelota» podría servir como núcleo (junto con algunas «notas al pie») para las estructuras superficiales pasivas (P), tales como «La pelota fue golpeada por el niño», para las estructuras superficiales interrogativas (I) tales como «¿Golpeó el muchacho la pelota?» o para cualquier combinación de estructuras superficiales interrogativas, pasivas y negativas.

En un estudio prometedor, MEHLER (1963) presentó listas de oraciones en su forma nuclear, oraciones transformadas a la forma pasiva, interrogativa y negativa y todas las combinaciones de éstas. Se recordaron mejor las listas de oraciones nucleares y peor las oraciones pasiva-interrogativas, interrogativas

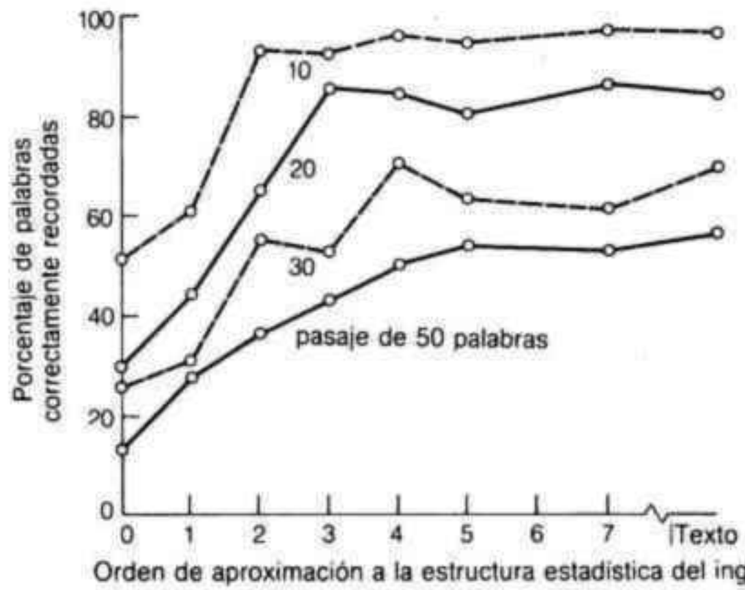
Cuadro 9-5 Memorización de cadenas de palabras que son aproximaciones al inglés

Cadenas de palabras (listas de 10 palabras)

Aproximación de O orden:	by way consequence handsomely financier flux cavalry swiftness weatherbeaten extent (de paso consecuencia lindamente financista flujo caballeria velocidad erosionado alcance)
Aproximación de 1.er orden:	abilities with that beside I for waltz you the sewing (capacidades para aquello además yo para vals tú la costura)
Aproximación de 2.° orden:	was he went to the newspaper is in deep and (era él fue al periódico está en profundo y)
Aproximación de 3.er orden:	tall and thin boy is a biped is the best (alto y delgado niño es un bipedo es el mejor)
Aproximación de 4.° orden:	saw the football game will end at midnight on January (vio el partido de fútbol terminará a medianoche en enero)
Aproximación de 5.° orden:	they saw the play Saturday and sat down beside him (vieron la pieza sábado y sentaron a su lado)
Aproximación de 7.° orden:	recognize her abilities in music after he scolded him before (reconocer sus habilidades en música después que él le regañó antes)

Texto: the history of California is largely that of a railroad (la historia de California es más bien la de un ferrocarril)

Porcentaje de palabras recordadas para diferentes cadenas de palabras



De MILLER y SELFRIDGE (1950)
©1950, University of Illinois Press

y pasiva-interrogativa-negativas. Este resultado parecía consistente con la idea de Miller y de Chomsky de que las oraciones son convertidas en una estructura profunda como las oraciones N. Sin embargo, cuando MARTIN y ROBERTS (1966) repitieron el estudio de Mehler, pero controlando la longitud de las oraciones, obtuvieron resultados opuestos y sacaron la conclusión de que los resultados de Mehler podían explicarse por el hecho de que las oraciones N eran más cortas y por tanto más fáciles de recordar.

Después de pasar revista a los estudios sobre la memorización de oraciones, ADAMS (1976, pág. 355) concluyó: «No hay ninguna evidencia de que la hipótesis de Miller acerca de las oraciones, derivada de la teoría generativa, sea válida... La teoría generativa puede tener una vida teórica muy breve en psicología porque no es una teoría psicológica.» En otras palabras, aunque el concepto de estructura profunda ha sido útil a los psicólogos, la teoría particular de que la oración nuclear representa el significado de una oración está basada en análisis lógicos o lingüísticos más que en un estudio psicológico. Ahora es tarea de los psicólogos determinar por medio de estudios empíricos exactamente de qué forma se representa una oración en la memoria. O, para decirlo de otra manera, todavía continúa la búsqueda del esquema de una oración.

Memoria para las oraciones de un texto

Los psicólogos cognitivos intentaron estudiar con sumo cuidado la idea de Bartlett de que los sujetos *abstraen* el sentido general de la prosa mientras están leyendo y *construyen* sus respuestas mientras recuerdan. En un estudio ya clásico, BRANSFORD y FRANKS (1971) leyeron las oraciones de la primera parte del cuadro 9-6 a los sujetos y luego les hacían las preguntas de reconocimiento de la segunda parte del cuadro. Tómese ahora el lector unos minutos para leer la lista de oraciones y luego haga la prueba de reconocimiento. En el estudio original se pedía a los sujetos que clasificaran en una escala de cinco puntos la seguridad que tenían de que la oración de la prueba estaba en la lista original, pero el lector puede ahorrarse esta tarea.

Para construir las oraciones de la primera parte del cuadro 9-6, Bransford y Franks utilizaron cuatro «conjuntos de ideas» básicos:

> «El gato asustado huyendo del perro que ladraba saltó sobre la mesa.»
>
> «El viejo coche que tiraba del remolque subía por la empinada colina.»
>
> «El árbol alto del frente del jardín daba sombra al hombre que fumaba su pipa.»
>
> «La niña que vive en la casa de al lado rompió la gran ventana del vestíbulo.»

Cuadro 9-6 El experimento de Bransford y Franks: conjunto típico de oraciones

Oración	Pregunta
Oraciones de adquisición: lea cada oración, cuente hasta cinco, conteste la pregunta, pase a la siguiente oración.	
La niña rompió la ventana del vestíbulo	¿Qué rompió?
El árbol del patio delantero daba sombra al hombre que estaba fumando su pipa	¿Dónde?
La colina era pronunciada	¿Era qué?
El gato, huyendo del perro que ladraba, saltó sobre la mesa	¿De qué?
El árbol era alto	¿Era qué?
El viejo coche trepó la colina	¿Qué hizo?
El gato huyendo del perro saltó sobre la mesa	¿Dónde?
La niña que vive al lado rompió la ventana del vestíbulo	¿Vive dónde?
El coche arrastraba el remolque	¿Qué hacía?
La niña vive al lado	¿Quién?
El árbol daba sombra al hombre que estaba fumando su pipa	¿Qué hacía?
El gato asustado saltó sobre la mesa	¿Qué hizo?
La niña que vive al lado rompió la gran ventana	¿Rompió qué?
El hombre estaba fumando su pipa	¿Quién estaba?
El viejo coche trepó la empinada colina	¿La qué?
La gran ventana estaba en el vestíbulo	¿Dónde?
El árbol alto estaba en el patio delantero	¿Qué estaba?
El coche arrastrando el remolque trepó la empinada colina	¿Hizo qué?
El gato saltó sobre la mesa	¿Dónde?
El árbol alto del patio delantero daba sombra al hombre	¿Qué hacía?
El coche que arrastraba el remolque trepó la colina	¿Qué coche?
El perro estaba ladrando	¿Estaba qué?
La ventana era grande	¿Era qué?
STOP. Dé vuelta la página y lea las oraciones del cuadro. Sin mirar atrás a las oraciones anteriores decida si cada oración aparecía en la lista anterior (antigua) o si es una oración nueva.	

Cada unidad era dividida en cuatro ideas (llamadas unas) como:

> «El gato estaba asustado.»
> «El perro estaba ladrando.»
> «El gato estaba huyendo del perro.»
> «El gato saltó sobre la mesa.»

Unas podían combinarse para formar doses, como: «El gato asustado saltó sobre la mesa.» Otras podían combinarse para formar treses, como: «El gato asustado estaba huyendo del perro que ladraba.» Por último, otras podían también combinarse para formar la unidad completa, como los ejemplos dados anteriormente, y se llaman cuatros.

Cuadro 9-6 Continuación

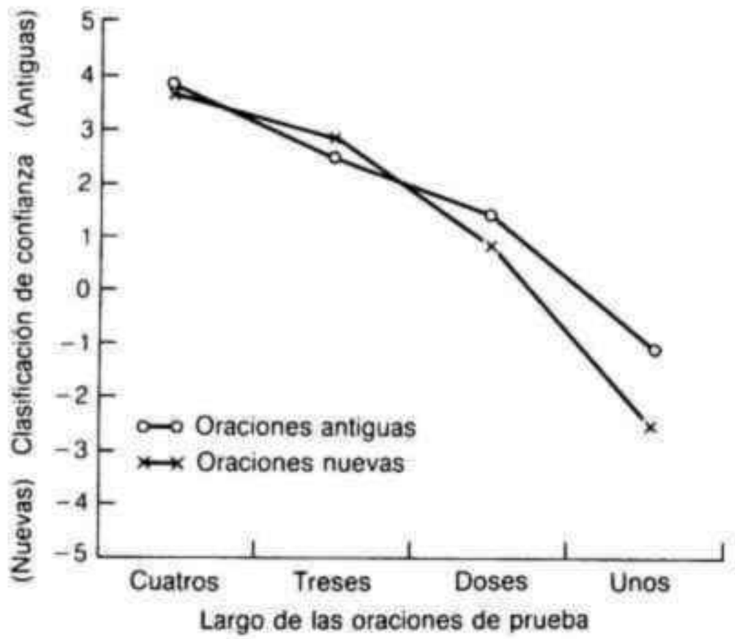
Oración	Pregunta
Conjunto de prueba. Verifique si es «antigua» o «nueva»	
El coche trepó la colina	(antigua ____, nueva ____)
La niña que vive al lado rompió la ventana	(antigua ____, nueva ____)
El hombre viejo que estaba fumando su pipa trepó la empinada colina	(antigua ____, nueva ____)
El árbol estaba en el patio delantero	(antigua ____, nueva ____)
El gato asustado, huyendo del perro que ladraba, saltó sobre la mesa	(antigua ____, nueva ____)
La ventana estaba en el vestíbulo	(antigua ____, nueva ____)
El perro que ladraba saltó sobre el viejo coche en el patio delantero	(antigua ____, nueva ____)
El gato estaba huyendo del perro	(antigua ____, nueva ____)
El viejo coche arrastraba el remolque	(antigua ____, nueva ____)
El árbol alto en el patio delantero daba sombra al viejo coche	(antigua ____, nueva ____)
El gato asustado estaba huyendo del perro	(antigua ____, nueva ____)
El viejo coche, arrastrando el remolque, trepó la colina	(antigua ____, nueva ____)
La niña que vive al lado rompió la gran ventana del vestíbulo	(antigua ____, nueva ____)
El árbol alto daba sombra al hombre	(antigua ____, nueva ____)
El gato estaba huyendo del perro que ladraba	(antigua ____, nueva ____)
El gato era viejo	(antigua ____, nueva ____)
La niña rompió la gran ventana	(antigua ____, nueva ____)
El gato asustadp huyó del perro que ladraba que saltó sobre la mesa	(antigua ____, nueva ____)
El gato asustado, huyendo del perro, saltó sobre la mesa	(antigua ____, nueva ____)
El viejo coche arrastrando el remolque trepó la empinada colina	(antigua ____, nueva ____)
La niña rompió la gran ventana del vestíbulo	(antigua ____, nueva ____)
El gato asustado que rompió la ventana del vestíbulo trepó al árbol	(antigua ____, nueva ____)
El árbol daba sombra al hombre	(antigua ____, nueva ____)
El coche trepó la empinada colina	(antigua ____, nueva ____)
La niña rompió la ventana	(antigua ____, nueva ____)
El hombre que vive al lado rompió la gran ventana del vestíbulo	(antigua ____, nueva ____)
El árbol alto del patio delantero daba sombra al hombre que estaba fumando su pipa	(antigua ____, nueva ____)
El gato estaba asustado	(antigua ____, nueva ____)

STOP. Cuente el número de oraciones juzgadas «antiguas».
Vea el texto para comprobar las respuestas.

De Jenkins (1974). © 1974 American Psychological Association
Reproducido con permiso del autor

Cuadro 9-7 Reconocimiento de oraciones antiguas y nuevas

El gráfico muestra los resultados de un estudio típico de comprobación de oraciones. Obsérvese que los sujetos estaban seguros de reconocer las oraciones «nuevas» y las «antiguas» y que estaban muy seguros de haber visto «cuatros» aunque no había ninguna.



De Bransford y Franks (1971)

Los sujetos escuchaban una larga lista de oraciones formada por algunas unas, doses y treses, pero no cuatros, de los conjuntos de ideas en orden azaroso.

Ahora viene la sorpresa. En la prueba del lector, las oraciones de la segunda parte del cuadro 9-6 son todas «nuevas», de modo que cualquier «antigua» que el lector haya reconocido es un «falso reconocimiento»: el lector creyó que estaba en la lista original pero no era así. En un estudio semejante, Bransford y Franks presentaron el mismo tipo de oraciones, pero esa prueba consistía en algunas oraciones que sí estaban en la lista original antigua, algunas que no habían estado en la lista original pero que podían inferirse de uno de los conjuntos de ideas (nuevas) y algunas (llamadas caso negativo) que estaban basadas en la reunión de partes de diferentes conjuntos de ideas.

Las clasificaciones de los sujetos en las pruebas de las oraciones se presentan en el cuadro 9-7. Como el lector puede ver, no pudieron señalar la

Cuadro 9-8 Memorización del significado del texto

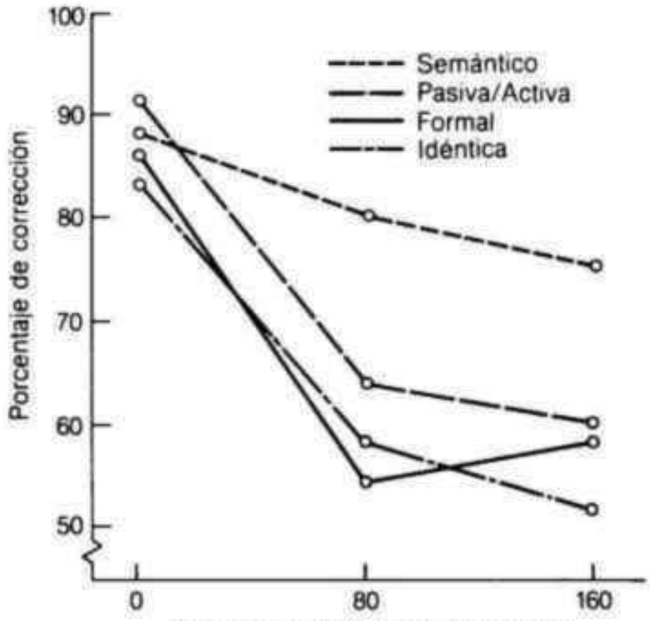
El pasaje

Los sujetos leían el siguiente pasaje y se les hacía una pregunta sobre la oración en cursiva inmediatamente después que era presentada (0 sílabas), 80 sílabas o 160 sílabas.

> Hay una historia interesante acerca del telescopio. En Holanda, un hombre llamado Lippershey era óptico. Un día sus hijos estaban jugando con unas lentes. Descubrieron que las cosas parecían muy cercanas si las lentes se colocaban a un pie de distancia. Lippershey comenzó a experimentar y sus «anteojos para espiar» llamaron mucho la atención. *El envío una carta sobre ello a Galileo, el gran científico italiano.* (Aquí test de 0 sílabas.) Galileo inmediatamente se dio cuenta de la importancia del descubrimiento y se puso a construir un instrumento propio. Utilizó una vieja tubería de órgano con una lente curvada hacia afuera y otra hacia adentro. La primera noche despejada apuntó la lente hacia el cielo. ¡Se quedó asombrado al hallar los oscuros espacios vacíos llenos de estrellas alumbrando brillantes! (Aquí test de 80 sílabas.) Noche tras noche Galileo trepó a la alta torre, recorriendo el cielo con su telescopio. Una noche vio a Júpiter y para su gran sorpresa descubrió con él tres estrellas brillantes, dos al este y una al oeste. La noche siguiente, sin embargo, todas estaban al oeste. Unas pocas noches después, había cuatro pequeñas estrellas. (Aquí test de 160 sílabas.)

Los resultados

La proporción de respuesta correcta para cada tipo de pregunta de reconocimiento se muestra en el gráfico siguiente.



De Sachs (1967)

diferencia entre las oraciones que realmente habían aparecido en la lista original y aquellas que eran simplemente consistentes con un conjunto de ideas. De hecho, todos creían con seguridad haber visto cuatros cuando en realidad no había ninguna. Bransford y Franks dedujeron que durante la lectura los sujetos abstraían las cuatro ideas lingüísticas generales y durante el recuerdo utilizaban estas ideas abstractas, pero no tenían memoria de las oraciones específicas de las que habían abstraído las ideas.

Sachs (1967) obtuvo mayor evidencia acerca de la memoria abstracta de la prosa. Pidió a los sujetos que leyeran un pasaje acerca de la invención del telescopio como el del cuadro 9-8. Luego presentó a los sujetos un examen de oraciones y pidió que dijeran si éstas aparecían palabra por palabra en el texto. La prueba de oraciones estaba basada en una oración del texto y éste se daba a un sujeto que debía leer la oración (0 sílabas) y luego leer 80 o 160 sílabas, según las pautas, interpoladas de la oración. La oración de la prueba contenía o bien un cambio en el significado (cambio semántico), un cambio en la voz (activa o pasiva), un cambio en el vocabulario que no alteraba el significado (cambio formal), o ningún cambio (idéntico) de la oración del texto. Por ejemplo, la oración del texto, «El envió una carta acerca de ello a Galileo, el gran científico italiano», fue presentada en la prueba en una de las siguientes formas:

Idéntica: igual que en el texto.

Cambio formal: él envió a Galileo, el gran científico italiano, una carta acerca de ello.

Cambio activo o pasivo: una carta acerca de ello fue enviada a Galileo, el gran científico italiano.

Cambio semántico: Galileo, el gran científico italiano, le envió una carta acerca de ello.

Los resultados de este experimento se dan en el cuadro 9-8. Si los sujetos acababan de leer la oración (0 sílabas interpoladas), actuaban bien y decían Sí a la oración idéntica y No a las restantes. Sin embargo, si la prueba se hacía después que el sujeto había leído 80 o 160 sílabas después de la oración, entonces el rendimiento caía en picado en la detección de cambios de voz o formales, pero los sujetos aún advertían con claridad un cambio semántico. En otras palabras, una vez que la oración había sido «digerida» por el sujeto, éste retenía poca información acerca de la forma gramatical original de la oración, pero retenía el significado general. Sachs concluyó que, en el transcurso de la lectura de un pasaje, un sujeto abstraía el significado general pero no los detalles gramaticales específicos.

Paivio (1971) sugirió que los sujetos pueden haber formado imágenes mentales como medio de abstraer el significado de las oraciones en el estudio de Sachs. Puesto que Sachs, al igual que Bransford y Franks, utilizó oraciones

relativamente concretas, los sujetos pueden formar fácilmente imágenes que retienen el significado pero que destruyen la forma gramatical del texto presentado. Para verificar esta idea, Begg y Paivio (1969) repitieron el estudio de Sachs utilizando algunos pasajes que tendían a evocar imágenes vívidas y algunos con palabras abstractas que no evocaban ninguna imaginación. Por ejemplo, las oraciones típicas eran: «El maligno sabueso perseguía un animal salvaje) (concreta) o «La fe absoluta despertó un interés perdurable» (abstracta). Para las oraciones concretas con mucha capacidad imaginativa, Begg y Paivio obtuvieron resultados semejantes a los de Sachs: los sujetos advertían los cambios semánticos con mayor facilidad que los cambios en la estructura de la oración; sin embargo, en las oraciones abstractas, con poca representación imaginativa, se descubrió la tendencia inversa, con un mejor reconocimiento de los cambios léxicos que de los cambios semánticos. Basándose en esos descubrimientos, Paivio (1971) desarrolló una «teoría de la memoria en dos procesos» —la idea de que el conocimiento puede ser almacenado utilizando códigos de imágenes o códigos verbales—. Si bien la mayor parte de los modelos de memoria descritos en este capítulo presuponen la codificación verbal del conocimiento almacenado, el trabajo de Paivio reintrodujo la idea de que algunos tipos de representaciones pueden ser no verbales.

Comprensión de los pasajes

Efectos de nivelación

Los resultados de Bransford y Franks y los de Sachs complementan los de Bartlett y apoyan la idea de que la memoria de la prosa es esquemática. Sin embargo, otra cuestión importante es si podemos decir por adelantado qué es lo que una persona recordará de un pasaje. Johnson (1970) investigó este tema dividiendo un cuento en «unidades-idea» y pidiendo a un grupo de sujetos que clasificaran las unidades por su importancia para la narración. Entonces a otro grupo que leía la narración se le pedía que la recordase. Como se había previsto, los sujetos nuevos recordaban más las unidades importantes, incluso cuando el experimentador controlaba el tiempo de estudio de cada uno con un proyector de diapositivas.

Los resultados de Johnson son interesantes porque implican que ciertas ideas de un pasaje son más importantes que otras y que es posible predecir cuáles serán las ideas que mejor se recuerden. Además, se han obtenido resultados semejantes con un material diferente (Meyer y McConkie, 1973; Meyer, 1977). Recientemente otros investigadores intentaron diseñar métodos para *análisis de texto*, procedimientos para analizar un texto dentro de una estructura jerárquica. Las variables estructurales, como se vio en el capítulo

anterior, afectan la memoria de las listas de palabras. En el estudio de la memorización de pasajes, los resultados sugieren como hipótesis de trabajo que las ideas de alta estructuración jerárquica se recuerdan más que las ubicadas por debajo de esta estructura.

En una revisión de los adelantos en el análisis de textos, Meyer (1975, pág. 1) describía el objetivo de su investigación como sigue: «Después de leer un pasaje, a los sujetos les es imposible recordar toda la información que éste contiene. Cuando varios sujetos leen o escuchan el mismo pasaje, hay grados diferentes de recuerdo de ideas entre unos y otros. El objetivo... es determinar cuáles son las variables que pueden dar cuenta de estas diferencias».

En un ensayo, Meyer (1975) dividió un pasaje en prosa de 500 palabras de la revista *Scientific American* en unidades-idea y luego las ordenó en un diseño jerárquico, al que llamó «estructura arbórea» o «estructura de contenido». Juicios independientes de un grupo de sujetos producían casi idénticas estructuras arbóreas a partir de los mismos materiales, indicando así que es posible hacer un análisis objetivo de textos. Cuando se pedía a los nuevos sujetos que leyeran y recordaran el pasaje, había una clara relación entre la «altura» de una idea en la estructura y la posibilidad de ser recordada: las ideas que ocupaban un lugar alto en la estructura eran recordadas mejor que las que ocupaban un lugar bajo. Aparentemente, los descubrimientos basados en clasificaciones subjetivas de «importancia», como las utilizadas por Johnson, pueden considerarse dentro del concepto de «altura» de Meyer, en una estructura de contenido. Desafortunadamente, un problema en la interpretación de los resultados del estudio de Meyer es que la «altura» de una idea en la estructura con frecuencia está estrechamente relacionada (o confundida) con su orden serial. Las ideas altas, importantes, con frecuencia vienen primero, y la investigación del aprendizaje verbal sobre el efecto de posición serial (cap. 9) indica que probablemente los sujetos recuerdan más los primeros ítems de una lista.

Meyer (1975) intentó superar este problema en un estudio posterior en el que utilizó 3 pasajes de aproximadamente 575 palabras cada uno. Los pasajes trataban temas como «reactores generadores», «esquizofrenia» y «papagayos». Se seleccionó un párrafo de cada pasaje y se construyeron dos versiones similares de cada pasaje. El mismo párrafo de prueba se insertó en el mismo lugar en ambas versiones, pero en una versión las ideas del párrafo de prueba estaban situadas alto en la estructura de contenido, es decir, eran importantes para el tema y para las otras ideas del pasaje; en el otro pasaje estaban bajo en la estructura. Los sujetos recordaban mucho más acerca del párrafo de prueba si estaba alto en la estructura que si estaba bajo. Un problema importante en la interpretación de estos resultados fue que los pasajes «altos» y «bajos» no habían sido igualmente difíciles; este problema quedó parcialmente mitigado por el hecho de que Meyer se aseguró de que eran similares en cuanto al número de palabras, el número de ideas-unidades y el número de niveles en la estructura de contenido.

KINTSCH (1974, 1976) creó un método para dividir un texto en una jerarquía de proposiciones llamada *base del texto*. El sistema es similar al utilizado por Meyer para generar la *estructura de contenido* y está inspirado en los casos gramaticales que hemos considerado en este capítulo. Cada proposición consiste en dos o más palabras que están relacionadas entre sí; las proposiciones por lo general están formadas por verbos y argumentos que se relacionan con el verbo. Por ejemplo, consideremos el texto:

> La turbulencia se forma en el extremo de un ala y aumenta en fuerza sobre su superficie, contribuyendo al ascenso del avión supersónico.

Este texto puede ser analizado como sigue en el texto base:

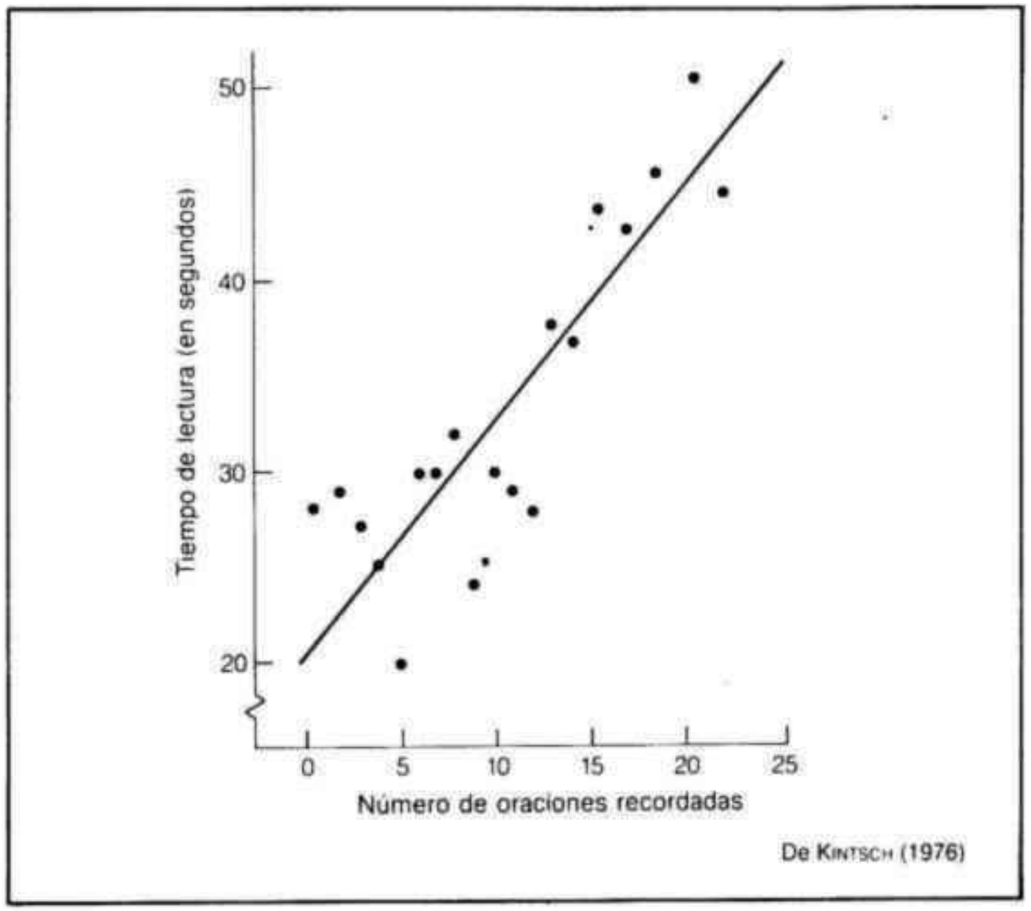
1.	La turbulencia se forma	(Verbo Formar)
2.	en el extremo	(Loc.)
3.	de un ala	(Parte de)
4.	y aumenta en fuerza	(Verbo Formar)
5.	sobre la superficie	(Loc.)
6.	de un ala	(Parte de)
7.	La turbulencia contribuye al ascenso del avión	(Verbo Formar)
8.	El avión es supersónico	(Característica)

Obsérvese que el sistema para construir un texto base consiste en descubrir los verbos principales y en utilizarlos como marcos básicos alrededor de los cuales se ponen los adverbios de lugar, parte de, característica y otros. Cada corte representa un nivel inferior en el texto base, de modo que la proposición 1 está en el nivel 1, las proposiciones 2, 4 y 7 están en el nivel 2, las proposiciones 3, 5 y 8 están en el nivel 3 y la proposición 6 está en el nivel 4. Cuando se leen los argumentos, pueden añadirse después de la proposición del nivel superior, por ejemplo, la proposición 1 es «La turbulencia se forma», la proposición 2 contiene «La turbulencia se forma en el extremo» y la proposición 3 contiene «La turbulencia se forma en el extremo de un ala».

La notación de Kintsch es diferente de la que hemos dado pero está basada en los mismos principios. Una proposición se representa dentro de un conjunto de paréntesis, y la primera palabra da el verbo de la relación implicada; «loc» se refiere a lugar. Por ejemplo, en la notación de Kintsch el texto base es:

1. (Forma, turbulencia)
2. (Loc: en, 1, extremo)
3. (Parte de, ala, extremo)
4. (Crece, turbulencia, fuerza)
5. (Loc: sobre, 4, superficie)
6. (Parte de, ala, superficie)
7. (Contribuye, turbulencia, ascenso, avión)
8. (Supersónico, avión)

Cuadro 9-9 Relación entre tiempo de lectura y número de oraciones recordadas



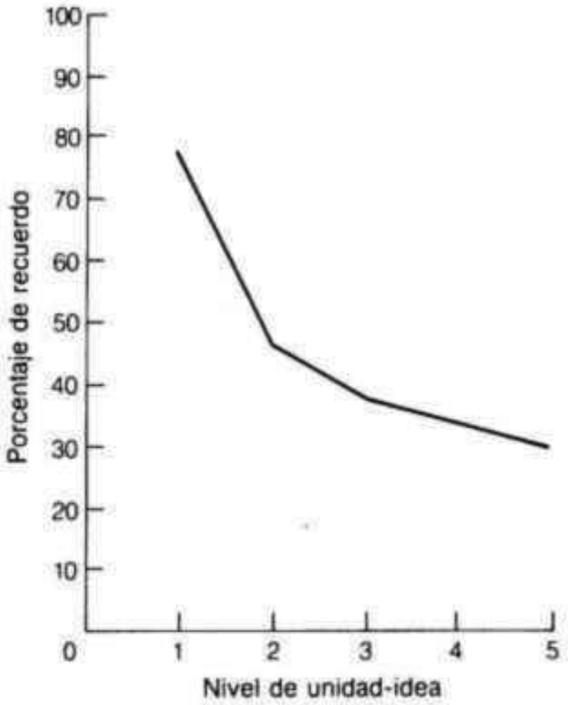
De KINTSCH (1976)

Los números se refieren a las proposiciones.

El sistema de Kintsch para analizar un texto logra varias predicciones interesantes si se supone, como hace Kintsch, que el texto base de un pasaje es una indicación de cómo se representa la información en la memoria de un sujeto. Por ejemplo, una predicción es que si las proposiciones —tal como la define el sistema de Kintsch— son las unidades básicas de comprensión y memoria, entonces el tiempo de lectura debería depender del número de proposiciones. Para comprobar esta idea se construyeron pasajes que contenían igual número de palabras pero variaban en el número de proposiciones; el tiempo de lectura aumentaba a medida que aumentaba el número de proposiciones aunque se procesaban el mismo número y tipo de palabras (KINTSCH, 1976).

En un estudio relacionado, se pedía a los sujetos que leyeran y recordaran un pasaje del *Scientific American* que contenía 70 palabras y 25 proposiciones; el tiempo necesario para leer el pasaje fue una función lineal directa del nú-

Cuadro 9-10 Recuerdo de las oraciones como función de diferentes niveles en la jerarquía del texto base



De Kintsch (1976)

mero de proposiciones recordadas. Estos resultados, resumidos en el cuadro 9-9 indican que cada proposición recordada añadía 1,26 segundos como promedio al tiempo de lectura.

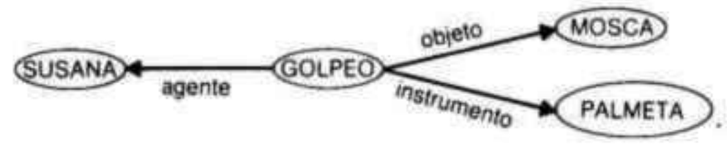
En una prueba sorprendente sobre la idea de que ciertas proposiciones son más importantes que otras, Kintsch (1976) midió el porcentaje de proposiciones recordadas en cada nivel del texto base. El cuadro 9-10 muestra que los sujetos recordaban cerca del 80 por ciento de las proposiciones del nivel 1 y que las proposiciones del nivel más bajo tenían muchas menos probabilidades de ser recordadas. Se han propuesto procedimientos similares para organizar cuentos populares y existe alguna evidencia de que los rasgos de nivel más alto del cuento se recuerdan mejor (Rumelhart, 1975).

Estos descubrimientos sustentan los de Meyer y revelan un avance en nuestros intentos de ampliar el trabajo original de Bartlett.

Gramáticas de caso y de narración

La investigación precedente sugiere una nueva forma de describir un esquema, un marco jerárquico con huecos específicos. Por ejemplo, Kintsch (1974) y Meyer (1975) sugieren que el verbo de cualquier proposición tiende a implicar *relaciones de caso*, que son simplemente argumentos que en general van con verbos particulares. Por ejemplo, el verbo golpear (*to hit*) sugiere un agente (alguien que golpea), un objeto (algo o alguien que es golpeado) y un instrumento (el objeto con que se golpea). Cuando el lector escucha la palabra *golpear*, espera llenar los huecos libres para un agente, un objeto y un instrumento específicos. Así, la oración «Susana golpeó a la molesta mosca con el matamoscas» permite al lector llenar el hueco para agente con *Susana*, el de objeto con *mosca* y el de instrumento con *matamoscas*. En el cuadro 9-11 se da una representación del esquema de esta oración y en el cuadro 9-12 se hace una lista de otras comunes relaciones de casos. Meyer y Kintsch demostraron que los sujetos tienden a «recordar» las rel ciones de caso, incluso cuando éstas no se presentan. Por ejemplo, si un pasaje dice que un fumador descuidado inició un fuego, muchos sujetos recuerdan que el instrumento era una cerilla, incluso cuando el hecho nunca se mencionó. Aparentemente muchos procesos cognitivos pueden considerarse como un llenado y un descubrimiento de blancos en la estructura de casos.

Cuadro 9-11 Marco para una oración



Susana golpeó a la mosca molesta con una palmeta

Cuadro 9-12 Algunas relaciones de caso

Agente: Instigador de una acción	Beneficiario: Alguien o algo sobre el que la acción tiene un efecto secundario, bueno o malo.
Instrumento: Algo utilizado por un agente para realizar la acción	Alcance: Lugar o camino de una acción
Vehículo: Algo que lleva un objeto	
Objeto: Quién o qué es directamente afectado por la acción	

Adaptado de Meyer (1975)

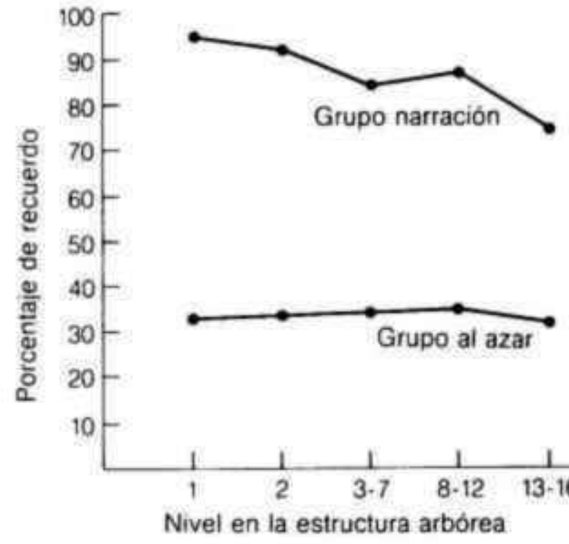
Cuadro 9-13 Lista de acontecimientos y estados en «El viejo granjero y el burro»

1. Habia una vez un viejo granjero
2. que tenia un burro muy obstinado.
3. Una tarde el granjero intentaba meter a su burro en el cobertizo.
4. Primero, el granjero tiró del burro.
5. pero el burro no se movio.
6. Entonces el granjero empujó al burro.
7. pero aún el burro no se movio.
8. Por último el granjero pidio a su perro
9. que ladrara fuerte al burro.
10. y asi lo asustara hasta el cobertizo.
11. Pero el perro se negó.
12. Entonces el granjero pidió al gato
13. que arañara al perro
14. de modo que el perro ladrara fuerte
15. y asi asustara al burro hasta el cobertizo.
16. Pero el gato replicó: «Arañaria con gusto al perro
17. si sólo me trajeras un poco de leche».
18. De modo que el granjero fue hasta su vaca
19. y le pidió un poco de leche
20. para darle al gato.
21. Pero la vaca replicó:
22. «Con gusto te daria un poco de leche
23. si sólo me trajeras un poco de heno».
24. Entonces el granjero fue al silo
25. y trajo un poco de heno.
26. En cuanto le dio el heno a la vaca,
27. la vaca le dio al granjero un poco de leche.
28. Entonces el granjero fue hasta el gato
29. y le dio la leche.
30. En cuanto el gato tuvo la leche,
31. comenzó a arañar al perro.
32. Tan pronto como el gato arañó al perro,
33. el perro empezó a ladrar fuerte.
34. El ladrido asustó al burro
35. que saltó inmediatamente dentro de su cobertizo.

De Thorndyke (1977)

Con posterioridad, Rumelhart (1975) y Thorndyke (1977) elaboraron un sistema para organizar las partes de una narración que ellos denominan *gramática de la narración*. Por ejemplo, cuando el lector lee un cuento puede esperar cuatro huecos principales que deberán ser llenados: el encuadre, la trama, el tema y la resolución. El encuadre puede constar de varias partes, como personajes, lugar y tiempo. El tema consiste en un tópico y un objetivo. La trama es una serie de episodios que contienen objetivos, intentos y resultados. Un acontecimiento o un estado constituye la resolución. Según Thorndyke

Cuadro 9-14 Recuerdo de la estructura de la narración en dos grupos



De Thorndyke (1977)

(1977) los sujetos intentan llenar estos huecos a medida que leen la narración, comenzando por las cuatro partes principales y trabajando hacia abajo.

Thorndyke pidió a los sujetos que escucharan un cuento como el del «viejo granjero» del cuadro 9-13. Cuando los sujetos repetían el cuento, tendían a recordar acontecimientos y estados de la cima de la jerarquía de la gramática de la narración (tales como el encuadre, tema, resolución) más que aquellos que se encontraban más bajo (como personajes de acciones específicas). Además, si el tema (en este caso, llevar el burro al granero) quedaba fuera de la narración, el recuerdo era mucho más pobre. Aparentemente, los sujetos intentaban construir un marco para la historia y luego llenar los huecos. Si el tema no es claro, los sujetos pueden ser incapaces de descubrir el esquema o el marco correcto de la historia. Estos descubrimientos se resumen en el cuadro 9-14.

Como otro ejemplo de gramática de la narración, Schank y Abelson (1977) sugieren el «guión del restaurante» que se resume en el cuadro 9-15. Schank y Abelson proponen que las personas tienen guiones como éstos para muchos acontecimientos generalizados. Cuando las personas piensan acerca de alguno de estos acontecimientos esperan llenar los huecos de ese guión, como por ejemplo los específicos de entrar y pedir del guión del restaurante. El trabajo sobre gramática de la narración y guiones representa un intento de describir más específicamente lo que Bartlett pudo o intentó indicar con su concepto de *esquema*.

Cuadro 9-15 El guión del restaurante

Esquema: Restaurante.

Personajes: Cliente, camarera, camarero, chef, cajero.

Escena 1: Entrada
El cliente entra en el restaurante.
El cliente encuentra un lugar para sentarse.
Puede encontrarlo por sí mismo.
Puede quiarlo una camarera.
Pide a la camarera una mesa.
Ella le da permiso para ir hacia esa mesa.
El cliente va y se sienta a la mesa.

Escena 2: Pedido
El cliente recibe un menú.
El cliente lo lee.
El cliente decide qué pedir.
El camarero toma el pedido.
El camarero ve al cliente.
El camarero se dirige al cliente.
El cliente pide lo que desea.
El cocinero prepara la comida.

Escena 3: Comida
Después de un tiempo el camarero trae la comida.
El cliente come la comida.

Escena 4: Salida
El cliente pide la cuenta al camarero.
El camarero trae la cuenta al cliente.
El cliente deja una propina.
El tamaño de la propina depende de la calidad del servicio.
El cliente paga al cajero.
El cliente sale del restaurante.

De Rumelhart (1977)

Efectos del conocimiento anterior

Como lo sugiere la sección anterior, utilizamos esquemas para aprender y recordar la información nueva y con sentido. ¿Cómo podemos alentar a las personas a que utilicen sus esquemas existentes cuando se ven enfrentadas a una nueva información? Como ejemplo, consideremos el pasaje del cuadro 9-16. Bransford y Johnson (1972) leyeron este pasaje a los sujetos y, o bien les dieron un título («Lavando ropa») antes de que lo leyeran, o después de que lo leyeran o ningún título en absoluto. Se pedía a los sujetos que clasifi-

Cuadro 9-16 El pasaje del lavado de las ropas

El pasaje

El procedimiento en realidad es muy sencillo. Primero se ordenan los ítems en diferentes grupos. Por supuesto que una pila puede ser suficiente según cuanto haya para hacer. Si se necesita ir a alguna otra parte debido a la falta de comodidades, ése es el paso siguiente, de otra forma, estará arreglado. Es importante no exagerar las cosas. Es decir, es mejor hacer unas pocas cosas por vez que demasiadas. A corto plazo esto puede no parecer importante pero fácilmente pueden surgir complicaciones. Un error puede ser también caro. Al principio, todo el procedimiento parecerá complicado. Sin embargo, pronto se convertirá simplemente en otro hecho de la vida. Es difícil prever algún final a la necesidad de esta tarea en el futuro inmediato, pero nunca se puede decir. Después que se ha completado el procedimiento otra vez se ordenan los materiales en grupos diferentes. Entonces pueden colocarse en sus lugares apropiados. Eventualmente se utilizarán otra vez y todo el ciclo tendrá que repetirse. Sin embargo, eso es parte de la vida.

Clasificaciones de comprensión y recuerdo del pasaje

	Sin Tema	Tema después	Tema antes	Clasific. máxima
Tasas de comprensión	2.29	2.12	4.50	7.00
Número de unidades-idea recordadas	2.82	2.65	5.83	18.00

De Bransford y Johnson (1972)

Cuadro 9-17 Comprensión y recuerdo del pasaje de los globos

	Sin contexto (1 repetición)	Contexto después	Contexto antes	Clasific. máxima
Tasas de comprensión	2,30	3,30	6,10	7,00
Número de unidades-idea recordadas	3,60	3,60	8,00	14,00

Adaptado de Bransford y Johnson (1972)

caran su «comprensión» del pasaje (con 1 como extremo superior y 7 como extremo inferior) y que lo recordaran. Como lo muestra el cuadro 9-16 los sujetos de los grupos sin título y título después de la lectura tuvieron una comprensión baja y recordaban poca información, mientras que los sujetos del título antes de la lectura recordaban el doble de información.

De manera similar, BRANSFORD y JOHNSON (1972) pidieron a los sujetos que leyeran el «Pasaje de los globos» del cuadro 9-1 sin dibujo, con el dibujo antes o con el dibujo después de la lectura. El cuadro 9-17 muestra que las clasificaciones de comprensión y las cantidades de información recordadas eran el doble de altas en el grupo «antes» comparado con los otros grupos. DOOLING y LACHMAN (1971) y DOOLING y MULLET (1973) obtuvieron resultados similares; presentar un título antes de un pasaje ambiguo ayuda a recordar pero presentarlo después del pasaje no ayuda. Aparentemente el título aporta un contexto, de modo que el lector puede relacionar la nueva información con la experiencia previa apropiada.

Un estudio realizado por WITTROCK, MARKS y DOCTOROW (1975) sugiere que los sujetos tratan de descubrir los elementos familiares del pasaje. Por ejemplo, se pedía a los sujetos que leyeran cuentos y luego se les tomaban pruebas de retención. Para algunos sujetos, las palabras principales del cuento eran todas de alta frecuencia, palabras familiares. Para otros sujetos, palabras no familiares, de baja frecuencia, sustituían a las palabras familiares del pasaje. Por ejemplo, una oración familiar era: «Vi que las flores y las hojas del espejo se estaban moviendo». La misma oración con palabras poco comunes: «Vi que las floraciones y las hojas del espejo se estaban desplazando». En el test de retención subsiguiente los sujetos tenían un rendimiento doble si habían leído el pasaje con palabras familiares comparándolo con el pasaje con palabras desconocidas. Aparentemente, las palabras desconocidas impedían a los sujetos descubrir el esquema apropiado o el contexto necesario para interpretar la narración.

Como otro ejemplo, considere el lector el pasaje de la parte superior del cuadro 9-18. A medida que lea este pasaje, puede advertir que podría tener dos temas diferentes: podría ser un cuento sobre un juego de cartas o sobre una sesión de jazz. ANDERSON, REYNOLDS, SCHALLERT y GOETZ (1977) presentaron este pasaje a dos grupos de sujetos: estudiantes de educación física y de música. Los resultados del pie del cuadro 9-18 indicaron que los estudiantes de música tendían a interpretarlo como relativo a la música y recordaban cosas relativas a una sesión de jazz, mientras que los otros sujetos tendían a adoptar la perspectiva del juego de cartas y recordaban ítems consistentes con ese tema. Con otro pasaje que podía ser interpretado como una lucha cuerpo a cuerpo o un episodio de prisión, los estudiantes de educación física tendían a recordar elementos consistentes con el tema de la lucha mucho más que los estudiantes de música. Aparentemente los sujetos llegan al experimento con sus esquemas individuales, que pueden diferir de persona a persona. Otros in-

Cuadro 9-18 Dos pasajes ambiguos

Pasaje de cartas/música

Todos los sábados por la noche se reúnen cuatro amigos. Cuando Juan, Miguel y Patricia llegaron, Cora estaba sentada en su sala de estar escribiendo algunas notas. Recogió rápidamente las cartas y se levantó para saludar a sus amigos a la entrada. La siguieron hasta la sala pero como de costumbre no estuvieron de acuerdo sobre a qué jugar* exactamente. Entonces Juan se decidió y preparó todo. Por fin comenzaron a jugar. El grabador de Cora llenaba la habitación con música suave y agradable. Apenas entrada la tarde, Miguel advirtió la mano de Patricia y los muchos diamantes. A medida que avanzaba la noche el calor del juego aumentaba. Por último, se produjo un momento de calma en las actividades. Aprovechando el momento, Juan valoró el arreglo. Miguel interrumpió el ensueño de Juan y dijo: «Escuchemos el puntaje». Escucharon cuidadosamente y comentaron las realizaciones. Cuando se hubieron escuchado todos los comentarios, cansados pero felices los amigos de Cora se fueron a sus casas.

* La ambigüedad del texto se pierde bastante en castellano. En inglés el verbo «to play» se refiere tanto a jugar cartas como a hacer música. [T.]

Pasaje de prisión/lucha

Roque se levantó lentamente del colchón, planeando su huida. Dudó un momento y pensó. Las cosas no andaban bien. Lo que más le molestaba era estar aprisionado, especialmente porque los cargos contra él habían sido débiles. Consideró su situación actual. La llave que lo aprisionaba era fuerte pero pensaba que podía romperla. Sabía sin embargo que su apreciación del tiempo tenía que ser perfecta. Roque era consciente de que había sido penalizado muy severamente por su rudeza anterior —demasiado severamente desde su punto de vista—. La situación se estaba volviendo frustrante, la presión se había estado ejerciendo durante demasiado tiempo. Lo aplastaban sin piedad. Roque ahora se había enfurecido. Sintió que estaba preparado para hacer su movimiento. Sabía que su éxito o su fracaso dependerían de lo que hiciera en los pocos próximos segundos.

Porcentaje medio de corrección en tests de elección múltiple

Pasaje	Formación del sujeto: Educación física	Formación del sujeto: Música
Prisión/Lucha	64 %	28 %
Cartas/Música	29 %	71 %

Adaptado de ANDERSON, REYNOLDS, SCHALLERT y GOETZ (1977)
© 1977 American Educational Research Association, Washington, D.C.

Cuadro 9-19 El pasaje de la casa

Los dos muchachos corrieron hasta que llegaron a la carretera. «Ves, te dije que hoy era un buen dia para hacer novillos», dijo Marcos. «Mamá nunca está en casa los viernes», anadió. Altos setos ocultaban la casa desde la calle de modo que la pareja se paseó por el cuidado patio. «No sabia que tenias una casa tan grande», dijo Pedro. «Si, pero ahora es todavia más linda desde que papá hizo poner el revestimiento de piedra y agregó el hogar.»

Habia puerta delantera y trasera y una puerta lateral que llevaba hasta el garaje, que estaba vacio excepto tres bicicletas aparcadas. Entraron por la puerta lateral. Marcos explicó que siempre estaba abierta por si sus hermanas menores volvían a casa antes que su madre.

Pedro queria ver la casa y Marcos empezó por el salón. Al igual que toda la planta baja, estaba recién pintado. Marcos hizo funcionar el estéreo y el ruido preocupó a Pedro. «No te preocupes, la casa más cercana está a 400 m.» Marcos gritó. Pedro se sintió más cómodo observando que no se veía ninguna casa en ninguna dirección más allá del inmenso jardín.

El comedor, con toda la porcelana, plata y cristal, no era un lugar para jugar, de modo que los muchachos se fueron hacia la cocina donde prepararon sandwiches. Marcos dijo que no irían al sótano porque había estado húmedo y mohoso y tuvieron que instalar la nueva tubería.

«Aquí es donde mi padre guarda sus famosas pinturas y su colección de monedas», dijo Marcos mientras miraban el altillo. Marcos presumió que podía conseguir dinero cuando quisiera, ya que había descubierto que su padre guardaba una cantidad en un cajón del escritorio.

Había tres habitaciones en el piso de arriba. Marcos mostró a Pedro el armario de su madre, lleno de pieles y la caja cerrada donde tenía las joyas. La habitación de sus hermanas carecía de interés excepto por la TV en color, que Marcos llevó a su habitación. Marcos presumió que el baño del hall era suyo puesto que ya habían añadido uno a la habitación de sus hermanas para ellas. Lo más interesante de su habitación, sin embargo, era un agujero en el cielo raso donde el viejo techo había terminado por romperse.

De Pichert y Anderson (1977)

vestigadores obtuvieron resultados similares (Pichert y Anderson, 1977; Schallert, 1976; Bransford, 1979).

Los resultados anteriores demuestran que a veces un pasaje es difícil de comprender porque el esquema subyacente no es obvio o bien porque la perspectiva del escritor es diferente de la perspectiva del lector. En un estudio reciente, Pichert y Anderson (1977) manipularon las perspectivas de los lectores. Se pedía a los sujetos que leyeran el pasaje acerca de una casa que aparece en el cuadro 9-19. A algunos se les decía que utilizaran la perspectiva de un comprador potencial de la casa; a otros, que tomaran la perspectiva de un ladrón; a otros no se les dieron instrucciones especiales respecto de cómo leer el pasaje. Los resultados indicaron que el recuerdo del pasaje por los sujetos estaba influido por sus perspectivas. De modo que el patrón de memoria dependía tanto de la información que había en el pasaje como de la perspectiva del lector.

Evaluación

El término *esquema* se ha vuelto cada vez más popular para explicar de qué forma las personas comprenden y recuerdan la información verbal. Muchos teóricos anteriores, como Piaget y Bartlett, popularizaron el término, pero raras veces proporcionaron definiciones completas. Recientemente otros teóricos inventaron sus propios términos como *guión* (Schank y Abelson, 1977), *marco* (Minsky, 1975) y *anclaje de ideas* (Ausubel, 1968) para referirse a diversos significados especializados.

A pesar del uso extendido de la jerga de la teoría del esquema, el lector bien podría preguntarse si el trabajo sobre la teoría del esquema, tal como se considera en este capítulo, es válido para clarificar nociones anteriores como las del «esquema» de Bartlett o el concepto de «estructura» de la Gestalt. Los críticos afirman que la respuesta es negativa. Por ejemplo, «No considero que hablar acerca de "esquema" o "esquemas" o "marcos" haga algo más que la "sintonización" o la "gestalt"» (Scriven, 1977, pág. 60). Algunos críticos incluso afirman que la teoría del esquema carece de soporte empírico y que «mejor es olvidarla» (Zangwill, 1972).

En respuesta a estas críticas por la falta de una definición precisa y de fundamento empírico, la teoría del esquema puede reconocerse culpable del primer cargo pero debe por cierto sostener su inocencia en el segundo. Como ha señalado Klatzky (1980, pág. 216) en una revisión reciente: «Ya sea que los llamemos guiones, marcos o esquemas, se impone la evidencia de estructuras del conocimiento que representan acontecimientos complejos».

Este capítulo considera algunos de los resultados consistentes y claros de la investigación de la teoría del esquema. Las personas tienden a recordar 1) el núcleo de un pasaje más que su contenido literal, 2) la información importante más que la irrelevante y 3) la información que es consistente con su propia perspectiva más que la información que no encaja en ella. Estos tipos de descubrimientos muestran que los seres humanos no aprenden y recuerdan como máquinas; no somos grabadores pasivos o memorias de computadoras que copiamos las palabras exactas tal como se presentan. Por el contrario, el acto de la comprensión implica un acto de resolución de problemas —lo que Bartlett llamó «un esfuerzo en pos del significado»—. Gracias a la investigación reciente sobre la teoría del esquema, ahora sabemos más que hace veinte años acerca de lo que implica ese «esfuerzo en pos del significado». Además,

el trabajo actual sobre simulación de esquemas por computadora puede abrir el camino hacia descripciones más precisas.

Lecturas recomendadas

ANDERSON, R. C., SPIRO , R. J. y MONTAGUE, W. E. *School and the acquisition of knowledge*. Hillsdale. N. J. Erlbaum, 1977. Una selección de artículos escritos por los principales teóricos de la teoría del esquema.

BARTLETT, F. C. *Remembering*. Londres, Cambridge University Press, 1932. Presenta el trabajo pionero de la moderna psicología cognitiva, incluyendo el estudio sobre «La guerra de los fantasmas».

BRANSFORD, J. D. *Human cognition: Learning, understanding and remembering*. Belmont, California; Wadsworth, 1979. Una clara introducción a la investigación moderna sobre la comprensión y el aprendizaje a partir de la prosa.

SCHANK, R. C. y ABELSON, R. P. *Scripts, plans, goals and understanding*. Hillsdale, N. J.; Erlbaum, 1977. Describe un proyecto respecto de la simulación de las estructuras del conocimiento y del proceso de comprensión por computadora. (La edición española está en preparación y aparecerá en el primer semestre de 1987, publicada por Paidós.)

10 Respuesta a las preguntas: El pensamiento como búsqueda en la memoria semántica

Definición del pensamiento según la teoría de la memoria semántica
Modelos de memoria semántica
Estructura de las categorías semánticas
Lenguaje y pensamiento

Tarea de responder preguntas

¿Cómo comprenden las personas las preguntas y cómo hallan las respuestas? Observe el lector la siguiente pregunta y luego trate de describir cómo haría para responderla.

Pregunta: En la casa en que usted vivía hace tres casas, ¿cuántas ventanas había en el lado norte?

RUMELHART, LINDSAY y NORMAN (1972) descubrieron que casi todas las personas pueden resolver este problema; lo hacen primero imaginando su vivienda actual, luego retrocediendo en el tiempo para imaginar sus casas anteriores, determinar el lado norte y contar las ventanas.

Aunque este ejemplo puede significar una pieza trivial de información, apunta hacia la asombrosa habilidad que tenemos para usar nuestras memorias para responder preguntas. Veamos otro ejemplo.

Pregunta: ¿Qué estaba haciendo usted la tarde del lunes de la tercera semana de setiembre hace dos años?

En el cuadro 10-1 se presenta un conjunto hipotético de respuestas dadas por LINDSAY y NORMAN (1972). ¿Cómo encaja este protocolo con el del lec-

tor? El aspecto interesante de estos ejemplos es que los seres humanos somos capaces de responder a una amplia variedad de preguntas complejas y que no siempre lo hacemos por un recuerdo directo sino trabajando sobre una serie de subpreguntas que nos llevan progresivamente más cerca de la respuesta. Analizando el proceso de responder preguntas, Lindsay y Norman quedaron sorprendidos por la observación de que sus sujetos se involucraban en un pensamiento productivo y por tanto era posible considerar «la búsqueda como resolución de problemas». El problema para los psicólogos, por supuesto, es describir cómo se produce este proceso de responder preguntas.

Consideremos una última pregunta.

Pregunta: Dibuje un diagrama de su lugar de residencia.

En un estudio típico llevado a cabo por KOVARSKY y EISENSTADT (citado por ANDERSON y BOWER, 1973), los errores cometidos por estudiantes graduados que habían ocupado los mismos apartamentos durante años no se producían al azar sino de forma sistemática. Un error común era que incluían rasgos estructurales que forman parte de casi todos los apartamentos, pero no de sus propias moradas particulares. Una conclusión posible a la que se puede llegar es que en el recuerdo tendemos a basarnos primariamente en nuestras experiencias o conocimientos generales más que en hechos totalmente específicos. ¿Había este tipo de errores en el diagrama del lector?

* * *

Definición del pensamiento según la teoría de la memoria semántica

Los capítulos 9 y 10 se ocupan del papel de las estructuras de la memoria en la resolución de problemas. Ambos capítulos tratan de la estructura del conocimiento en la memoria y acerca de la idea de la representación esquemática en la memoria. El capítulo 9 ponía el énfasis en el pensamiento como formación de una representación esquemática, pero este capítulo acentúa la concepción del pensamiento como búsqueda y hallazgo a partir de un almacén de conocimiento con significado que llamamos *memoria semántica*.

Puesto que la resolución de problemas depende fundamentalmente de cómo se organiza el conocimiento en la memoria, la naturaleza de la representación en la memoria es un aspecto particular importante. Cuando hacemos a las personas una pregunta sobre un tema que conocen, hay varios aspectos de la tarea de recordar que deben interesarnos como psicólogos. ¿Cómo está representada la información en la memoria y cómo se la encuentra? Así, en este capítulo enfocaremos la resolución de problemas como un proceso en

Cuadro 10-1 Protocolo hipotético para la pregunta: «¿Qué estaba haciendo Ud...?»

1. Vamos. ¿Cómo podría saberlo? (Experimentador: Inténtelo.)
2. Bueno, veamos. Dos años...
3. Estaría en la Universidad en Pittsburgh...
4. Tal vez mi último año.
5. La tercera semana de septiembre —eso es justo después del verano— sería el semestre de otoño...
6. Déjeme ver. Creo que tenía química los lunes.
7. No sé. Probablemente estaba en el laboratorio de química...
8. Espere un momento —sería la segunda semana de clase— recuerdo que comencé con la tabla atómica —un gran dibujo de colores—. Pensé que estaba loco el que nos quería hacer memorizar todo eso.
9. Bueno, ¿sabe?, creo que recuerdo que yo estaba sentado...

De LINDSAY y NORMAN (1972, pág. 379)

el cual las personas buscan su conocimiento existente en respuesta a un problema.

Este capítulo se centra especialmente en la forma en que las personas organizan y procesan la información acerca de las categorías de las cosas. Previamente hemos explorado cómo las personas aprenden conceptos o cómo aprenden a construir categorías, pero no describimos cómo la información de las categorías es almacenada o procesada en la memoria. Este capítulo es una extensión del trabajo anterior sobre aprendizaje de conceptos; sin embargo, el centro de este capítulo será cómo se almacena en la memoria la información de las categorías y cómo se procesa al responder preguntas.

Modelos de memoria semántica

Fenómenos de «en la punta de la lengua»

Esta sección se centra en el recuerdo del conocimiento general de cada uno. Considere el lector la siguiente definición del diccionario y trate de pensar en la palabra que define:

«Un instrumento para la navegación utilizado para medir las distancias angulares, especialmente la altura del sol, la luna y las estrellas en el mar.»

Si la respuesta no acude inmediatamente, trate de responder a las siguien-

tes preguntas: ¿Cuál es la primera letra de la palabra? ¿Cuántas sílabas tiene la palabra?

Si se da por vencido, la respuesta es *sextante*.

Brown y McNeil (1966) presentaron una serie de estos problemas a sujetos en un marco de laboratorio y descubrieron que a veces la respuesta surge inmediatamente, a veces los sujetos no tienen idea de qué decir y en un número de casos los sujetos fueron «atrapados» por un estado de «en la punta de la lengua» (PDL). En este estado los sujetos sienten que están a punto de encontrar la respuesta, pero que todavía no la han encontrado; «estaban en un suave tormento, algo como el borde de un estornudo». Brown y McNeil se interesaron especialmente en estos casos de PDL y, de hecho, intentaron inducirlos como forma de estudiar la estructura de la memoria humana y del proceso de responder a preguntas. Se pedía a los sujetos que describieran sus procesos de pensamiento en voz alta; además, se les pedía que respondieran mientras estaban en el estado PDL a las dos preguntas específicas que se les habían hecho antes: ¿Cuál es la primera letra de la palabra? ¿Cuántas sílabas tiene?

En un estudio típico, se indujeron 57 instancias de estado PDL y mientras los sujetos «no podían por sus vidas» decir la palabra específica, estaban asombrosamente seguros de «adivinar» la primera letra (51 por ciento correcto) y del número de sílabas (47 por ciento correcto). Brown y McNeil concluyeron que en el transcurso de la búsqueda de una pieza de información en la propia memoria, un recuerdo *genérico* (o memoria genérica) puede preceder al recuerdo *específico* de una palabra, especialmente cuando el recuerdo específico se siente como inminente. (Obsérvese la semejanza con la concepción del «embudo» de Duncker en la resolución de problemas, tal como se vio en el capítulo 3.)

Este tipo de tarea, que podemos denominar *responder preguntas* aporta otro importante enfoque a la comprensión del pensamiento y la resolución de problemas en los seres humanos. Al enfatizar el rol de la estructura de la memoria, este enfoque considera la resolución de problemas como una búsqueda en la propia memoria con significado. El objetivo que sugiere este punto de vista es desarrollar una teoría acerca de cómo se organiza la información compleja de una forma significativa en la memoria humana y qué procesos se utilizan para encontrar esta información al responder preguntas.

Desde que Brown y McNeil obtuvieron sus inquietantes resultados, una cantidad de psicólogos han propuesto teorías muy detalladas y precisas acerca de cómo los seres humanos organizaban conjuntos particulares de conocimiento sobre el mundo. Estas teorías han sido llamadas *modelos de memoria semántica* porque tratan de representar cómo se almacena y se utiliza el conocimiento con significado, es decir semántico. Los tipos básicos de modelos de memoria semántica son:

Modelos de red, que se basan en la idea de que la memoria está constituida por elementos y las asociaciones entre ellos; este punto de vista va más allá de las primeras ideas asociacionistas porque a) las relaciones pueden ser de diversos tipos, b) las unidades son conceptos significativos y c) las teorías pueden ser verificadas.

Modelos de rasgo, que están basados en la idea de que la memoria está constituida por rasgos que pertenecen a conjuntos, y conjuntos que pertenecen a conjuntos mayores o superconjuntos y así sucesivamente.

El método básico para comprobar estas teorías se llama *método de tiempo de reacción* y en él se pide a los sujetos que aprieten un botón de Sí o No en respuesta a preguntas sobre conocimiento general, por ejemplo: ¿Un collie es un perro? El tiempo de respuesta se mide en milisegundos (milésimas de un segundo) y los resultados se interpretan sobre la base de la simple idea de que más tiempo significa que se están realizando más procesos o procesos más profundos.

Modelos de red de memoria semántica

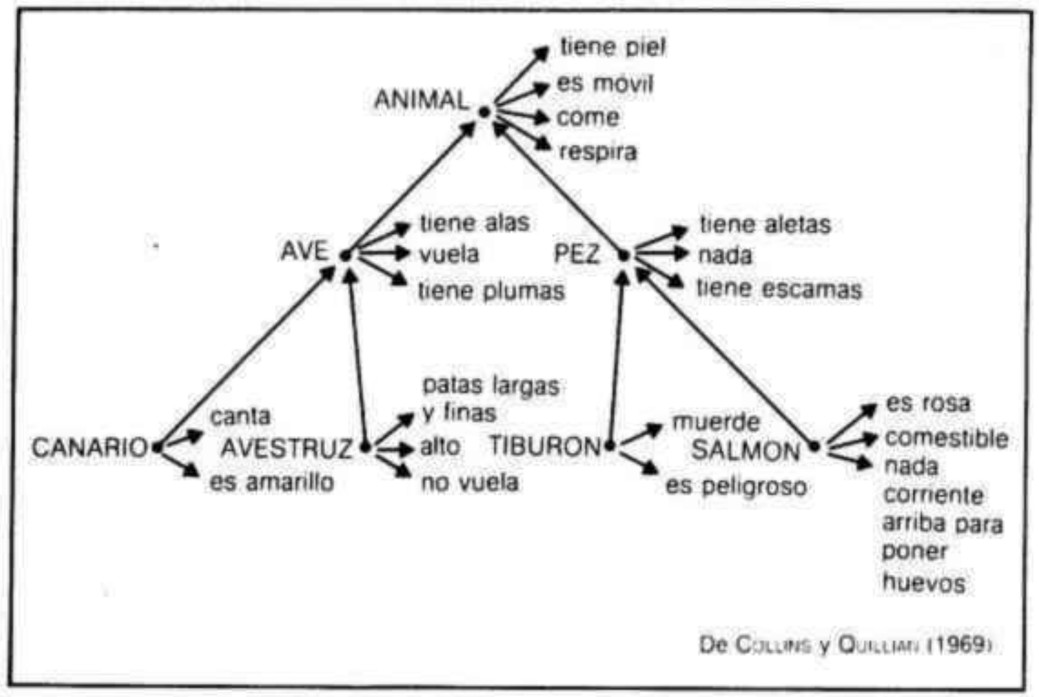
Uno de los primeros modelos populares de red fue denominado *comprensivo de lenguaje enseñable* o CLE (Collins y Quillian, 1969, 1972). Aunque estos investigadores revisaron y modificaron su modelo original, su objetivo constituyó en desarrollar un programa de computadora que simule cómo los seres humanos responden a las preguntas objetivas. (El enfoque por simulación de computadoras se discute en profundidad en el capítulo 6.) De acuerdo a una versión del CLE la estructura de la memoria semántica está basada en:

Unidades, palabras que representan una cosa o tema.
Propiedades, palabras que representan características de la unidad.
Indicadores, asociaciones de varios tipos entre unidades y propiedades.

Un ejemplo del conocimiento que tiene un adulto hipotético acerca de algunos animales se presenta en el cuadro 10-2. En este caso, palabras como *animal*, *pájaro* y *canario* representan unidades, mientras que las combinaciones de palabras como *amarillo*, *tiene alas*, *tiene piel* representan propiedades y las flechas representan indicadores. Según esta estructura jerárquica, las propiedades o características de una unidad en cualquier nivel se aplican a las cosas conectadas por los indicadores a niveles más bajos. En otras palabras, un pájaro tiene alas y también el canario, pero la propiedad de tener alas es almacenada sólo con la unidad más alta, pájaro; no puede ser almacenada con animales porque algunos animales no tienen alas.

De acuerdo con el CLE, el proceso que utiliza una persona hipotética para

Cuadro 10-2 Conocimiento adulto hipotético sobre los animales: red jerárquica



De Collins y Quillian (1969)

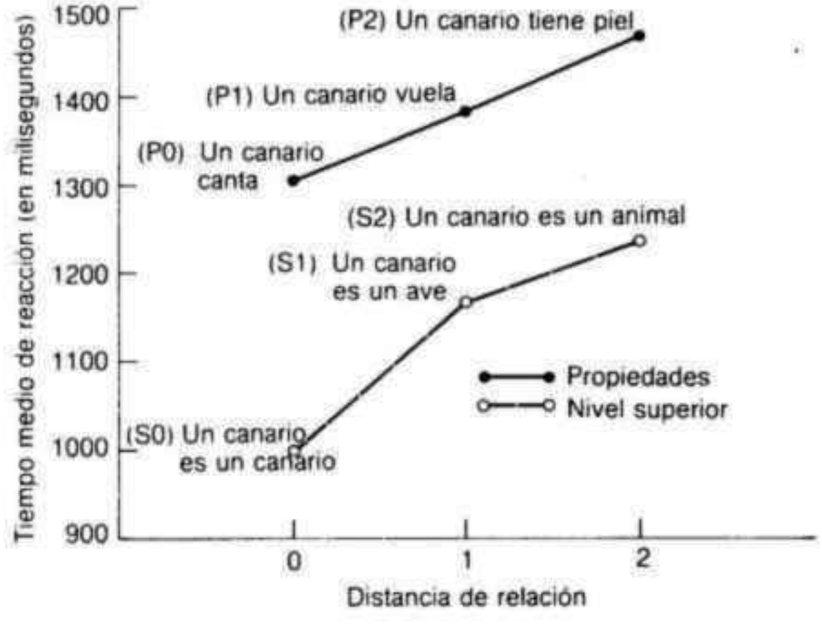
responder a la verdad o la falsedad de una afirmación como «Un canario tiene piel», es un proceso de búsqueda:

1. Encontrar la unidad para la palabra interesada, *canario*.
2. Verificar si la propiedad, *tiene piel*, está almacenada con esa unidad; si no, seguir el indicador hasta el nivel superior siguiente en la jerarquía, *pájaro*, y continuar como necesario a *animal*.
3. Cuando los indicadores llevan a una unidad que tiene la propiedad buscada, responde Sí.

Es un poco más difícil describir cómo los sujetos deciden responder No a una oración como «Un canario tiene aletas», pero la idea es que los sujetos terminan su búsqueda y dan la respuesta No si fracasan en alcanzar la unidad con la propiedad buscada dentro de un cierto período de tiempo.

Si bien los modelos formales como los de Collins y Quillian son elegantes y plausibles, para ser útiles deben ser comprobables. Afortunadamente, este modelo ofrece ciertas predicciones; por ejemplo, las oraciones que requieren trabajar sólo en un nivel de la jerarquía (un canario puede cantar) deben llevar menos tiempo de procesamiento que los problemas a dos niveles (un canario vuela), y un problema de tres niveles (un canario tiene piel) deberá llevar el

Cuadro 10-3 Tiempos de reacción al responder preguntas sobre animales



De Collins y Quillian (1969)

mayor tiempo de procesamiento. Para comprobar estas predicciones, Collins y Quillian pidieron a sus sujetos que apretaran un botón rotulado Verdadero o Falso en respuesta a oraciones basadas en jerarquías como las que se muestran en el cuadro 10-3. Tanto la afirmación verdadera como la falsa estaban presentes, pero el interés fundamental era el tiempo que llevaba a los sujetos responder a diversas oraciones verdaderas. El lector puede apreciar que cuanto más niveles había mayor era el tiempo de respuesta; y se necesitó un tiempo particularmente largo para responder Falso.

Los resultados que acabamos de describir pueden ser llamados *efectos del tamaño de la categoría* porque el tiempo de respuesta para preguntas como «¿Es X una Y?» se incrementa a medida que se incrementa el tamaño de la categoría Y. Si bien el modelo de red de Collins y Quillian es consistente con el efecto de tamaño de la categoría, por cierto no es la única explicación para estos descubrimientos. Por ejemplo, Landauer y Meyer (1972) pudieron reproducir el efecto del tamaño de la categoría, pero argumentaron que los resultados podían explicarse con una teoría de conjuntos de rasgos. Cuando se busca en una categoría más amplia deben verificarse más rasgos. Una muestra de evidencia que parece apoyar la teoría de los rasgos es que se necesita más tiempo para contestar oraciones falsas si implican una categoría más amplia

—por ejemplo, «Un acantilado es un animal»— que si implica una categoría pequeña —«Un acantilado es un perro»—. Esta teoría alternativa se describe en la próxima sección.

Las predicciones del modelo de Collins y Quillian también presentan varios problemas graves. En primer lugar, el modelo propone una jerarquía lógica y predice que el tiempo de respuesta será más largo para afirmaciones como «Un collie es un animal» que para «Un collie es un mamífero». Sin embargo, el caso parece ser el contrario (Rips, Shoben y Smith, 1973). Aparentemente, el hecho de que los collies pertenecen a la categoría mamífero no está tan bien establecido en las memorias de las personas como en la jerarquía lógica de Collins y Quillian. En segundo lugar, Collins y Quillian proponen una «economía cognitiva» en la cual un rasgo se almacenará sólo en el nivel más alto posible de la jerarquía. Por ejemplo, un rasgo como *se mueve* debería almacenarse con *animal* y no en los niveles más bajos como *perro* o *collie*. Sin embargo, Conrad (1972) demostró que los sujetos pueden responder preguntas sobre rasgos como *se mueve* con la misma rapidez en los diversos niveles de la jerarquía. En tercer lugar, Collins y Quillian predicen que el tiempo de respuesta debería ser el mismo para todas las preguntas que implican el mismo número de niveles como «Un petirrojo es un ave» y «Un avestruz es un ave». Pero Rips, Shoben y Smith (1973) y Rosch (1973) descubrieron que el tiempo de respuesta era más breve para ejemplos típicos (como *petirrojo*) que para los atípicos (como *avestruz*). De modo que hay evidencias que contradicen casi todos los presupuestos básicos del modelo de Collins y Quillian.

¿Significa esto que el modelo de Collins y Quillian fue un fracaso? Por el contrario, su modelo ayudó a generar una gran cantidad de investigación y estimuló el nacimiento de las teorías alternativas consideradas en la sección siguiente. Además, Collins y Loftus (1975) lograron modificar el modelo original, de modo que ahora puede dar cuenta de cada uno de los fenómenos que acabamos de tratar. El nuevo modelo de red se llama *modelo de activación extendida*. Si bien el nuevo modelo todavía está constituido por nudos y relaciones, como todos los modelos de red, la rígida estructura jerárquica se ha eliminado. Además, los lazos pueden variar en tipo y en importancia. Responder preguntas implica comenzar en los nudos mencionados en la pregunta e ir extendiéndose lentamente a partir de esos nudos.

Con posterioridad, Anderson (1976) ha creado un modelo de la cognición humana llamado ACT. Su modelo trata dos clases distintas de conocimiento: *conocimiento declarativo*, tal como una oración objetiva, y *conocimiento operativo*, como una lista de cómo realizar alguna tarea. Algunas de las acciones involucradas en el conocimiento operativo implican modificar los nudos o las relaciones en el propio conocimiento declarativo. Si bien una descripción completa del ACT va más allá del objetivo de este libro, el modelo ACT ya ha demostrado que puede dar cuenta de muchas de las inferencias e inducciones que hacen las personas.

Modelos de rasgos de memoria semántica

Si bien los modelos de red son más numerosos, existen otras formas de representar la memoria semántica. Por ejemplo, Meyer (1970) propuso un modelo de cómo los sujetos responden preguntas acerca de la memoria semántica que no se basaba en absoluto en redes; más bien Meyer presuponía que cada concepto estaba almacenado en la memoria como una lista de subconjuntos (o rasgos). Cuando se pedía a los sujetos que respondieran a afirmaciones como «Todas las mujeres son escritoras» o «Algunas mujeres son escritoras», parecían pasar por los dos siguientes estadios:

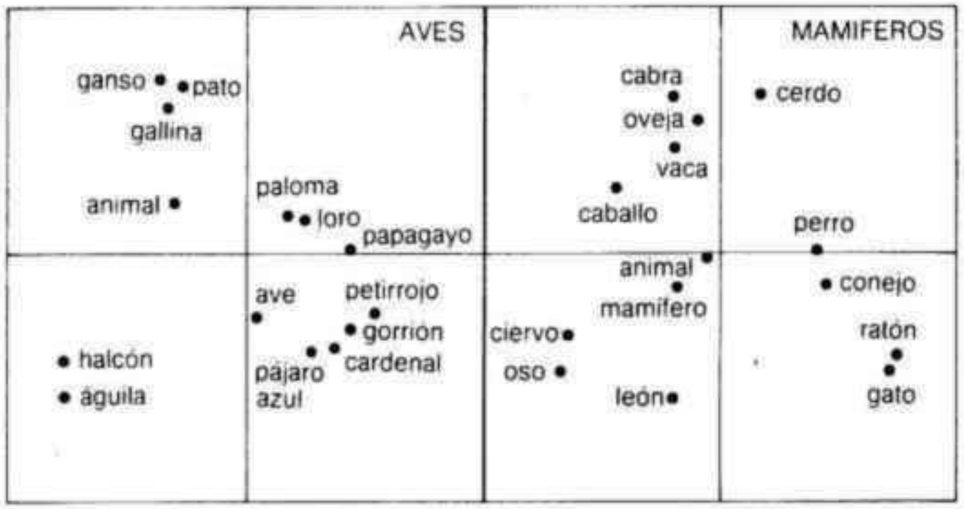
> *Estadio 1:* Determinar todos los subconjuntos de «escritor», incluyendo varón y hembra, y todos los subconjuntos de «hembra» y ver si hay intersección, es decir, si hay subconjuntos en común. Si no hay rasgos en común (como en una oración del tipo «Algunos tifones son trigo»), responder Falso; si hay algunos rasgos en común (por ejemplo, escritores y hembras), responder Verdadero si la afirmación dice «Algunas» y pasar al estadio 2 si dice «todas».
>
> *Estadio 2:* ¿Es cada subconjunto de «escritor» también un subconjunto de «hembra»? Si es así, responder Verdadero; si no, responder Falso.

La teoría de Meyer predecía que los sujetos tardarían más tiempo en responder a los problemas de la forma «Todos los S son P» que a «Algunos S son P» porque para el primero se necesitaban dos estadios y sólo uno para el último. Lo mismo que Collins y Quillian, Meyer predecía que el tiempo de respuesta aumentaría si el tamaño de la categoría P aumentaba a causa de que la lista de subconjuntos era más larga. Meyer realizó experimentos semejantes a los de Collins y Quillian y obtuvo resultados consistentes con su modelo (así como con el de Collins y Quillian). Sin embargo, aunque el modelo de Meyer basado en conjuntos puede ser tan potente como el modelo de red de Collins y Quillian, ninguno de los dos puede explicar resultados como por qué toma más tiempo responder preguntas acerca de si un perro es un mamífero que acerca de si un perro es un animal.

Rips, Shoben y Smith (1973; Shoben, Smith y Rips, 1974) inventaron un modelo de memoria semántica que da cuenta de esos descubrimientos. El nuevo ingrediente fundamental de ese modelo se basa en el escepticismo respecto del presupuesto de Collins y Quillian de que «la estructura de la memoria refleja una estructura lógica». En un estudio, Rips, Shoben y Smith solicitaron a un grupo de sujetos que clasificaran pares de palabras en función de lo cercanas que fueran una a la otra, para poder derivar una medida de «distancia semántica». Por ejemplo, pidieron a los sujetos que establecieran lo estrechamente relacionados que estaban varios tipos de aves unos con otros, con la categoría

Cuadro 10-4 Conocimiento adulto sobre animales: gráfico de distancia semántica

El gráfico siguiente está basado en clasificaciones de los sujetos respecto de la distancia entre pares de palabras. Las distancias cortas representan un alto grado de relación.



De Rips, Shoben y Smith (1973)

«ave» y con la categoría «animal», o bien lo estrechamente relacionados que estaban diversos mamíferos entre sí, con la categoría «mamífero» y con la categoría «animal». El gráfico del cuadro 10-4 se obtiene a partir de esas clasificaciones; obsérvese que la mayor relación está representada por una distancia corta.

Este método de representar la memoria semántica predice que las apreciaciones por tiempo de reacción como las utilizadas por Collins y Quillian deben relacionarse con la distancia semántica, y estas predicciones se sostienen. En otras palabras, según la idea de la distancia semántica, la razón por la cual lleva más tiempo apretar el botón Verdadero para Petirrojo-Animal que para Petirrojo-Ave, o más tiempo para Perro-Mamífero que para Perro-Animal es que la distancia semántica real es mayor de Perro a Mamífero que de Perro a Animal (a despecho de la estructura lógica), y lo mismo sucede de Petirrojo a Animal que de Petirrojo a Ave. Estos investigadores afirman además que la distancia semántica es básicamente una función de los rasgos semánticos que dos conceptos tienen en común, o de la intersección que haya entre la lista de rasgos que constituyen los respectivos conjuntos.

Según el *modelo de comparación de rasgos* propuesto por Smith, Shoben y

Rips (1974), cada concepto de nuestra memoria está asociado con una lista de rasgos. Algunos rasgos, llamados *rasgos definitorios*, son cruciales para el significado del concepto. Por ejemplo, «tiene alas» y «tiene plumas» definen los rasgos de las aves puesto que son aspectos importantes de la definición de la categoría. Otros rasgos, llamados *rasgos característicos*, son menos importantes. Por ejemplo, «come gusanos» o «construye nidos» pueden ser rasgos característicos de las aves puesto que muchas pero no todas las aves poseen estos rasgos. En el cuadro 10-5 se dan ejemplos de algunos de los rasgos de los conceptos «ave», «petirrojo» y «avestruz».

¿Qué sucede cuando el lector responde a una pregunta del tipo «¿Es el petirrojo un ave»? Según el modelo de comparación de rasgos, el lector pasa por dos estadios como se indica en el cuadro 10-5. Primero, encuentra en su memoria la lista de rasgos para las dos palabras de la pregunta, como los rasgos para *ave* y para *petirrojo*. Luego, compara las listas. Si son muy semejantes (como lo serían para *petirrojo* y *ave*), el lector responde Sí; si son muy diferentes (como lo serían para *perro* y *petirrojo*), responde No. Sin embargo, si existe sólo un grado moderado de intersección, el lector necesitará procesar con más profundidad comparando los rasgos definitorios de ambas palabras. Por ejemplo, una pregunta como «¿Un avestruz es un ave?» puede crear sólo una intersección moderada, pero cuando se miran los rasgos definitorios se responde Sí. Este modelo supera cada uno de los problemas del modelo de Collins y Quillian descrito anteriormente. Sin embargo, algunos investigadores (como Rosch, 1973, 1975) han cuestionado la necesidad de hacer una distinción entre rasgos característicos y rasgos definitorios.

Estructura de las categorías semánticas

Los modelos de red y de conjunto de rasgos representan dos puntos de vista diferentes respecto de cómo utilizamos las categorías en nuestro pensamiento. Recientemente, Rosch (1978) amplió el enfoque del conjunto de rasgos centrándose en la naturaleza de las categorías que utilizamos en nuestras vidas cotidianas. Rosch (1978) afirma que las categorías se usan para ayudarnos a procesar más efectivamente la información. Esta misma línea de argumentación fue propuesta por Bruner, Goodnow y Austin (1956, pág. 1) como introducción a la primera investigación sobre el aprendizaje humano de conceptos:

> Comenzamos con lo que parece una paradoja. El mundo de la experiencia de cualquier hombre normal está compuesto por un enorme arreglo de diferentes objetos discriminables, acontecimientos, personas, impresiones. Se estima que existen más de 7 millones de colores discriminables... Pero si tuviéramos que utilizar plenamente nuestra capacidad para registrar las diferencias de las cosas y

Cuadro 10-5 Modelo de comparación de rasgos

Conocimiento en la memoria del sujeto

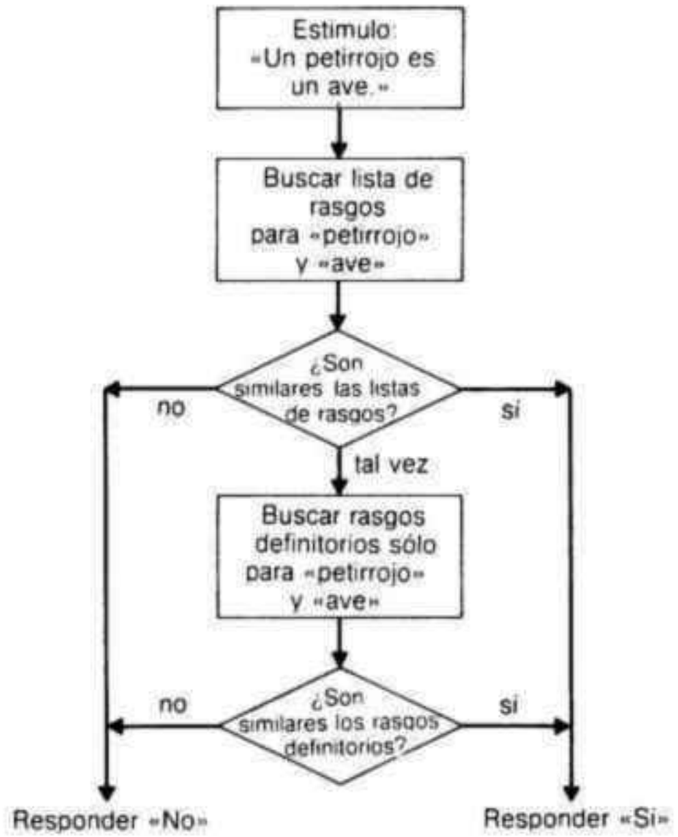
Ave: vuela, come gusanos, es pequeña, tiene plumas*, tiene alas*, construye nidos, vive en los árboles

Petirrojo: vuela, come gusanos, es pequeño, tiene plumas*, tiene alas*, tiene el pecho rojo*, gorjea, construye nidos

Avestruz: mete la cabeza en la arena*, es alto, es desgarbado, tiene alas*, tiene plumas*

* Indica rasgo definitorio.

Proceso de comparación de rasgos



Adaptado de Smith, Shoben y Rips (1974)

responder a cada acontecimiento como si fuera único, pronto nos veríamos desbordados por la complejidad de nuestro entorno. Consideremos sólo la tarea lingüística de adquirir un vocabulario plenamente adecuado para enfrentarnos al mundo de las diferencias de colores. La resolución de esta aparente paradoja

—la existencia de capacidades de discriminación que, si se utilizaran plenamente, nos harían esclavos de lo particular— se logra por la capacidad humana de categorizar.

El trabajo anterior sobre el aprendizaje de conceptos nos aportó alguna información acerca de cómo las personas categorizan estímulos artificiales como formas geométricas o dibujos con puntos. En esta sección investigaremos cómo se puede aplicar el proceso de categorización a los objetos de nuestro entorno natural.

Un buen ajuste

Las categorías que utilizamos normalmente en nuestras vidas cotidianas —llamémoslas *categorías naturales*— son diferentes de las categorías que se nos enseñan en la teoría matemática de los conjuntos. Por ejemplo, un conjunto matemático preciso como el conjunto de todos los cuadrados incluye toda figura que corresponda a la definición de cuadrado; toda figura está o no está en esa categoría, y todos los cuadrados son igualmente miembros de la categoría. Sin embargo, las categorías naturales no parecen tener límites tan firmes; por el contrario, las líneas fronterizas de una categoría natural son lo que Rosch (1973) llama «borrosas». Por ejemplo, pensemos en la categoría de fruta. Algunos ejemplos, como manzana o naranja, parecen encajar directamente en la categoría. Otros ejemplos, como aguacate o coco, no parecen tan típicos. De modo que cuando respondemos preguntas acerca de categorías naturales no nos enfrentamos a conjuntos matemáticamente precisos, sino más bien a conjuntos borrosos. El «buen ajuste» de un concepto se refiere a lo bien que encaja en una categoría.

Para estudiar la estructura de las categorías naturales, Rosch presentó a los sujetos un nombre de categoría junto con nombres de posibles ejemplos de la categoría. Por ejemplo, en un estudio (Rosch, 1975), los ejemplos de fruta eran naranja, coco y todas las otras palabras listadas en parte del cuadro 10-6. El trabajo de los sujetos consistía en clasificar cada palabra según fuese «un buen ejemplo de una categoría» en una escala del 1 al 7; consideraron lo típica que era «manzana» para la categoría «fruta» y así sucesivamente. Los sujetos clasificaron de 50 a 60 palabras de cada una de 10 categorías como verduras, herramienta, ave y deporte. Los resultados de la tarea clasificatoria para las categorías fruta y mueble se muestran en el cuadro 10-6. Algunas palabras se clasificaban como buenos ejemplos de una categoría mientras que otras no eran típicas. Así, a diferencia de los conjuntos matemáticos, no todos los miembros de las categorías naturales parecen ser iguales. Además, Rosch descubrió que los sujetos eran capaces de realizar la tarea clasificatoria con un alto nivel de acuerdo, lo que sugería que existe un consenso social acerca de la estructura de las categorías comunes.

Cuadro 10-6 Clasificación de la bondad de los ejemplos para muebles y frutas

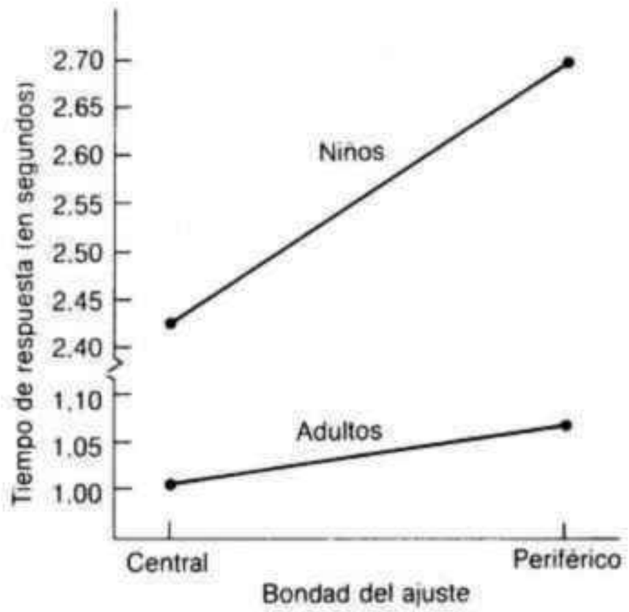
Miembro	Bondad del ejemplo: Rango	Bondad del ejemplo: Puntaje específico		Bondad del ejemplo: Rango	Bondad del ejemplo: Puntaje específico
Muebles					
silla	1.5	1.04	chaise longue	24	2.26
sofá	1.5	1.04	lámpara	31	2.94
sillón	3.5	1.10	taburete	32	3.13
poltrona	5	1.33	piano	35	3.64
tocador	6.5	1.37	cojín	36	3.70
mesa de café	8	1.38	aparador	39	4.27
mecedora	9	1.42	estéreo	40	4.32
cómoda	11	1.48	espejo	41	4.39
escritorio	12	1.54	televisión	42	4.41
cama	13	1.58	bar	43	4.46
canapé	15.5	1.61	papelera	47	5.34
mesilla	15.5	1.61	radio	48	5.37
biblioteca	22	2.15	máquina de coser	49	5.39
diván	23	2.17	estufa	50	5.40
Fruta					
naranja	1	1.07	limón	20	2.16
manzana	2	1.08	melón de agua	23	2.39
banana	3	1.15	melón tendral	24	2.44
melocotón	4	1.17	lima	25	2.45
albaricoque	6.5	1.36	papaya	27	2.58
mandarina	6.5	1.36	higo	29	2.86
ciruela	8	1.37	mango	30	2.88
uvas	9	1.38	granada	32	3.05
fresa	11	1.61	dátil	37	3.35
pomelo	12	1.77	pasas	39	3.42
cereza	14	1.86	níspero	41	3.63
piña	15	1.19	coco	43	4.50
mora	16	2.05	aguacate	44	5.37
frambuesa	19	2.15	tomate	46	5.58

Nota: 1 significa muy típica, 7 lo menos típico.

De Rosch (1975) © 1975 American Psychological Association
Reproducido con permiso del autor

¿Qué efecto produce la naturaleza borrosa de las categorías sobre la capacidad para responder preguntas? Para estudiar este aspecto, Rosch (1973) pidió a sujetos niños y adultos que respondieran a preguntas del tipo «¿Una manzana es una fruta?». En algunas preguntas el ejemplo era típico (como «manzana») y en otros el ejemplo no era típico (como «coco»). Como puede verse en el cuadro 10-7, el tiempo para responder era menor en los ejemplos buenos que en los atípicos. El efecto se sentía más en los niños pero estaba claramente presente en los adultos. En otro estudio, Rosch (1975) presentó dos palabras en cada prueba y pidió a los sujetos que dijeran si las palabras pertenecían a la misma categoría o a categorías diferentes. Algunos pares contenían palabras que eran buenos ejemplos de la categoría (por ejemplo *mesa* y *cama*), algunos estaban en el medio (*lámpara* y *taburete*) y algunos eran ejemplos pobres (*alfombra* y *ventilador*). Igual que en el estudio anterior, se necesitó más tiempo cuando las palabras no eran buenos ejemplos de su categoría. Así, estos experimentos muestran que las personas son más veloces respondiendo preguntas sobre miembros típicos de una categoría y menos cuando las preguntas se refieren a miembros que están en una categoría de límites borrosos.

Cuadro 10-7 Tiempo de respuesta para juicios de categorías



De Rosch (1973)

Parecido de familia

Volvamos ahora a nuestra comparación de las categorías naturales y los conjuntos artificiales. En un conjunto artificial, como el conjunto de todos los

cuadrados, sólo hay una regla que define a los miembros del conjunto. Cada ejemplo debe tener el mismo conjunto de rasgos, como «cuatro lados», «todos los lados del mismo largo» y «todos los ángulos de 90 grados». Existe menos acuerdo entre los atributos de todos los miembros de una categoría natural. ¿Cuáles son los atributos que tienen en común todas las frutas, todas las aves o todos los muebles? En lugar de una lista de rasgos comunes, los miembros de una categoría natural parecen compartir lo que Rosch y Mervis (1975) llaman «parecido de familia». Con esto quieren decir que hay un núcleo básico de rasgos para cada categoría de modo que cada ejemplo puede tener algunos pero no todos los rasgos. Por ejemplo, no todas las aves tienen la característica de «volar» o de «ser pequeñas» o de «cantar», pero estos rasgos están presentes en muchas aves.

Rosch y Mervis (1975) estudiaron la idea del parecido de familia seleccionando 6 categorías con 20 ejemplos en cada categoría. Un grupo de sujetos debía hacer una lista de todos los atributos que pudiera pensar en 90 segundos para cada una de las palabras. Otro grupo de sujetos tenía que clasificar el grado de tipicidad de cada ejemplo en su categoría. Los resultados de la tarea de hacer listas de atributos indicaron que raramente uno o dos atributos definen todos los miembros de una categoría. En lugar de unos pocos rasgos críticos que fueran comunes a todos los miembros, Rosch y Mervis descubrieron que había un grupo de atributos que estaban presentes en algunos pero no en todos los miembros de la categoría. Además, si Rosch y Mervis se concentraban en los ejemplos más típicos de cada categoría, había mucha superposición en sus atributos; si se concentraban en los ejemplos menos típicos de cada categoría, había pocos o ningún atributo en común. Estos resultados se resumen en el cuadro 10-8. Además, había una fuerte correlación entre la clasificación de la tipicidad de una palabra y la clasificación de cuántos atributos por parecido de familia tenía la palabra. Aparentemente, las palabras que tienen muchos rasgos en común con la categoría se clasificaban como más típicas.

Categorías de nivel básico

Por último, consideremos otro aspecto de las categorías naturales: la noción de que algunos niveles de categorización son más fáciles de pensar que otros. Por ejemplo, Rosch, Mervis, Gray, Johnson y Boyes-Braem (1976) sugieren que al menos existen tres niveles de categorías:

Nivel superior, como «mueble».
Nivel básico, como «mesa».
Nivel subordinado, como «mesa de cocina».

El nivel básico ofrece una vía para dividir el mundo que aporta la mayor

Cuadro 10-8 Número de atributos en común para cinco de los miembros más típicos y cinco de los miembros menos típicos de seis categorías

Categoría	Miembros más típicos	Miembros menos típicos
Muebles	13	2
Vehículos	36	2
Frutas	16	0
Armas	9	0
Verduras	3	0
Ropas	21	0

información con el menor esfuerzo cognitivo. Este nivel también nos permite reducir las diferencias entre todos los objetos de nuestro entorno sin borrar las importantes diferencias entre los objetos.

Rosch (1978) resumió una variedad de evidencias para apoyar la idea de las categorías de nivel básico. En primer lugar, si se pide a los sujetos que hagan una lista de los atributos de las categorías superiores, básicas y subordinadas, incluyen pocos atributos de la categoría superior, muchos para el nivel básico y no muy significativos para el nivel subordinado. Aparentemente, el nivel básico es aquél en el cual almacenamos información acerca de los atributos de las categorías; avanzando en especificidad (categorías subordinadas) no añadimos más información sobre los rasgos. En segundo lugar, si se pide a los sujetos que describan comportamientos motores que pueden realizarse con objetos, nuevamente el nivel básico lleva el mayor número de respuestas. Aparentemente, nuestros comportamientos motrices están coordinados con los objetos en el nivel básico. Por último, si los sujetos yuxtaponen dibujos de objetos, la razón entre superposición y no-superposición es más fuerte en el nivel básico. Además, Rosch et al. (1976) afirman que las tareas de selección son más fáciles si se utiliza el nivel básico y que los niños comienzan a aprender clasificaciones en este nivel.

Recientemente, Newport y Bellugi (1978) aportaron un análisis interesante del *American Sing Language* (Lenguaje americano de signos). Por lo general, se usa un solo signo para términos de nivel básico como «manzana» o «coche» o «piano». Las categorías superiores como «fruta» o «vehículo» o «instrumento musical» requieren la composición de varios signos simples, como hacer signos de «manzana-naranja-banana...» para significar «fruta». De manera similar, los signos de categorías subordinadas requieren signos compuestos. Por ejemplo, «silla de cocina» requiere el signo de «cocinar» y «silla». De este modo, cuando utilizamos un lenguaje que tiene un vocabulario restringido, los humanos preferimos palabras que refieren los objetos al nivel básico.

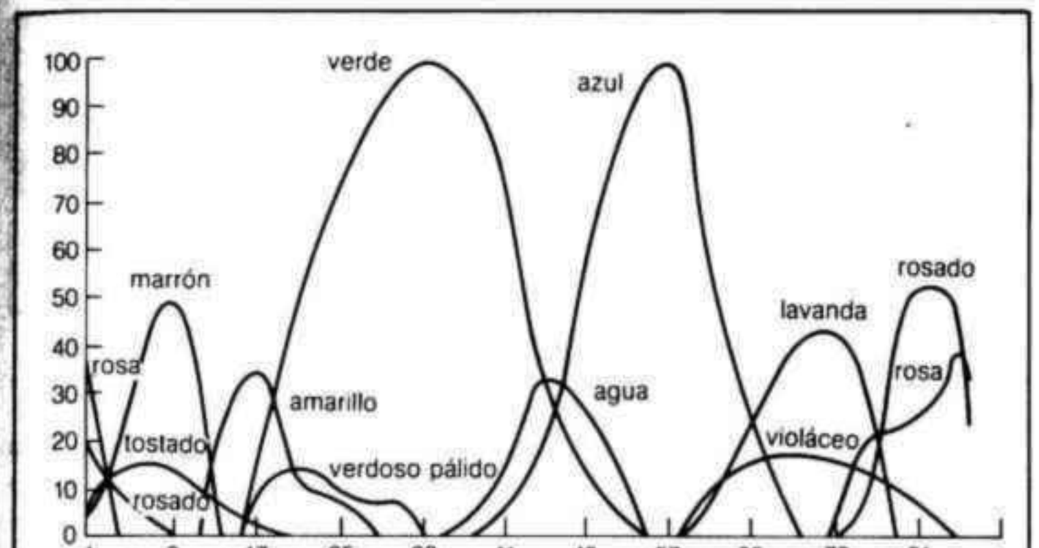
Lenguaje y pensamiento

Hasta ahora este capítulo ha demostrado que los seres humanos piensan en función de categorías, como «ave» y «petirrojo». Sin embargo, el lector puede preguntarse de dónde provienen estas categorías. En particular, podría preguntarse si las palabras del lenguaje que el lector mismo habla influyen en la forma de dividir el mundo en categorías. Aunque los psicólogos no aportaron demasiados datos a este respecto, los lingüistas y los antropólogos proponen el concepto de «relatividad lingüística»: la idea de que el lenguaje que uno habla influye sobre la forma en que uno aprende y piensa el mundo (SAPIR, 1960; WHORF, 1956). Por ejemplo, basándose en un estudio antropológico del lenguaje y la cultura de hablantes de lenguas no europeas (por ejemplo, los indios Hopi de los Estados Unidos), Whorf define la doctrina de la relatividad lingüística: «Cada lenguaje y cada sublenguaje técnico bien tejido incorpora ciertos puntos de vista y ciertos patrones resistentes a puntos de vista ampliamente divergentes» (pág. 247). Además, los conceptos y categorías que aprendemos y usamos se supone que están influidos y limitados por nuestra lengua nativa: «Cortamos y organizamos la extensión y el flujo de los acontecimientos como lo hacemos, en gran parte porque, a través de nuestra lengua materna, formamos parte de un acuerdo para hacerlo y no porque la naturaleza misma esté segmentada exactamente de esa forma para todo lo que vemos» (pág. 240).

Estas ideas tienen profundas implicaciones para el estudio del aprendizaje humano y la cognición humana. Uno de los primeros estudios experimentales de las hipótesis whorfianas fue realizado por BROWN y LENNEBERG (1954) y plasmado en su ahora famoso artículo *A Study of Language and Cognition*. Brown y Lenneberg comenzaron por seleccionar 240 muestras de color del *Munsell Book of Color*, un catálogo similar a los muestrarios de colores para pinturas domésticas. Entonces pidieron a cinco jueces que escogieran los mejores ejemplos de rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, purpúreo, rosado y marrón del conjunto de 240 colores. Hubo un gran acuerdo entre los jueces. BROWN (1976, pág. 131), ratificando el experimento, informa que los colores parecían muy familiares: «Recuerdo pensar que había algo extraño acerca de las ocho mejores instancias y, efectivamente, acerca de las muestras en la vecindad inmediata de cada una. Puedo verlas aún, ese buen naranja del Golfo, aquel amarillo de lápiz Ticonderoga, aquel rojo sangre; todos ellos brillan a través de los años como otras tantas joyas». A estos colores, Brown y Lenneberg agregaron 16 colores «intermedios», que se espaciaron lo más regularmente posible entre los otros 8. De esos colores intermedios, sin embargo, Brown informa que no tiene una memoria visual vívida.

Armados con el aparato completo de 24 colores (8 distintivos y 16 intermedios), Brown y Lenneberg los presentaron a sujetos universitarios y les pidieron que nombraran los colores. Para cada uno de los 8 colores básicos los

Cuadro 10-9 Frecuencia de nombres dados por hablantes ingleses a diversas muestras de colores



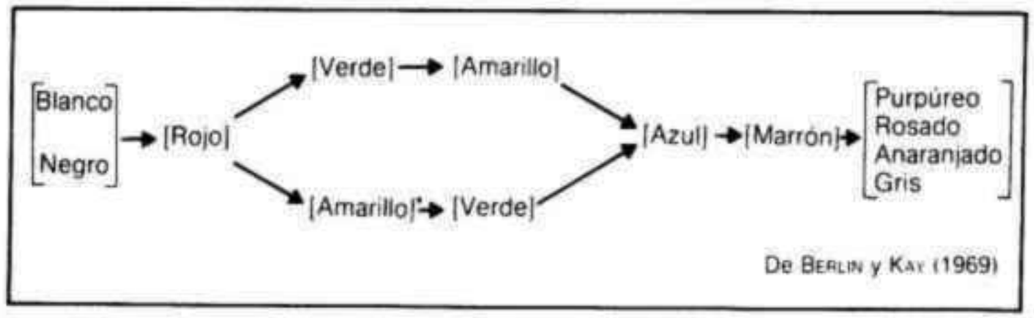
De LENNEBURG (1957)

sujetos tendían a utilizar una palabra única y tendían a estar de acuerdo sobre ella; para los otros colores utilizaron modificadores, como por ejemplo «verde claro», y había mucho menos acuerdo entre ellos. Se determinaron los puntajes de codificabilidad para cada color y luego se utilizaron nuevos sujetos para una tarea de reconocimiento. Se les mostró una muestra de color (o un conjunto de ellas) durante unos pocos segundos, y luego de un momento, se les pedía que señalaran el color entre unos 120 colores. Los resultados indicaron una correlación moderadamente alta entre codificabilidad y reconocimiento: los colores que habían podido ser nombrados fácilmente eran también más fáciles de recordar.

Estos resultados parecen apoyar la noción whorfiana de la relatividad lingüística porque la disponibilidad de los nombres de los colores aparentemente influía sobre una tarea cognitiva tal como recordar estímulos. Los colores utilizados en el experimento formaban un continuo natural basado en el largo de ondas, pero el lenguaje artificialmente «recortaba» los colores en categorías como las que se muestran en el cuadro 10-9.

En un intento por investigar más la hipótesis de Whorf, HEIDER (1970, 1972; HEIDER y OLIVER, 1972) investigó la tarea de memorizar colores en diferentes culturas. Por ejemplo, la tribu Dani de Nueva Guinea indonésica es un pueblo de la Edad de Piedra con sólo dos palabras básicas para color: «mili»

Cuadro 10-10 Orden universal de evolución de los términos de color en 98 lenguas



De Berlin y Kay (1969)

para colores oscuros o fríos y «mola» para colores brillantes o cálidos. Por supuesto que el pueblo Dani puede hablar acerca de los otros colores pero para hacerlo debe utilizar frases descriptivas más largas. De acuerdo con la hipótesis de Whorf, dos colores que caen en diferentes categorías en inglés deberían ser más fáciles de recordar para los Dani si también caen dentro de sus dos categorías separadas y no en la misma categoría Dani. Los resultados, sin embargo, no indican diferencia alguna. Una duda más acerca de la teoría de Whorf proviene de un estudio sobre varios lenguajes no europeos. Los colores fáciles de nombrar en inglés eran fáciles de recordar para angloparlantes (como habían descubierto Brown y Lenneberg) pero también eran fáciles de recordar para los hablantes de otras lenguas, incluyendo lenguas como el Dani, incluso aunque no existían palabras específicas para esos colores.

El gráfico del cuadro 10-10 da una lista del orden en que aparecen los nombres de los colores en las lenguas según un estudio de 98 diferentes lenguas (Berlin y Kay, 1969). El gráfico muestra que si bien las lenguas difieren en la cantidad de términos para colores básicos (que van de 2 a 12), existe un patrón universal: si se usan dos palabras, significan blanco y negro; si se usan tres, se añade el rojo; si se usan cinco, se añaden el verde y el amarillo, y así sucesivamente hasta las doce palabras para colores básicos utilizados frecuentemente en inglés. Estos doce colores se llaman «focales» y los resultados de Heider (ahora de Rosch) demuestran que los colores focales se recuerdan mejor que los otros sin tener en cuenta el hecho de que el que aprende el lenguaje tenga palabras específicas para ellos. Como Brown (1976) lo señalara en una reciente revisión de su trabajo, la hipótesis de Whorf puede invertirse: aparentemente al menos para colores, «existen categorías naturales compartidas por todos los seres humanos con visión normal para los colores». Las diferentes lenguas reflejan esas categorías porque dividen el mundo del color de la misma forma, y algunas lenguas entran en mayores detalles.

Si bien el estado actual de nuestros conocimientos arroja dudas sobre la hipótesis de Whorf, existe en las lenguas mucho más que «nombres de colores». Al menos una investigación (Carmichael, Hogan y Walter, 1932) ha demostrado que «rotular» un dibujo incluye la forma en que es recordado. Lo que resulta particularmente importante y en alguna medida único acerca del estudio de las categorías del color es esto: demuestra que las diferencias transculturales en la cognición deben estudiarse experimentalmente y que este tipo de investigaciones promete aumentar nuestra comprensión de nuestra capacidad humana común para pensar y aprender.

Evaluación

Los modelos de red y los modelos de rasgos representan dos intentos extendidos para describir específicamente cómo las personas estructuran el conocimiento y responden preguntas. A causa de que estos modelos son a la vez detallados y amplios son útiles para verificar diversas ideas acerca de cómo los humanos responden preguntas. Como lo ha mostrado este capítulo, la literatura sobre investigación de la memoria semántica, en rápido crecimiento, desafía los supuestos básicos de cada una de estas teorías. La teoría perfecta sobre la memoria semántica aún no se ha creado.

La investigación más reciente sobre las categorías naturales y las categorías del lenguaje aportan un nuevo enfoque al estudio de la memoria semántica. Aparentemente, las reglas del aprendizaje y la memoria establecidas para materiales artificiales y de laboratorio, deben ser modificadas a la luz de la investigación actual sobre categorías más naturales. El movimiento hacia situaciones más comunes es un movimiento prometedor que puede por fin aportar la clave para una teoría unificada sobre la memoria semántica.

Lecturas recomendadas

Anderson, J. R. *Language, memory and thought.* Hillsdale, N. J.; Erlbaum, 1976. Una teoría actualizada de cómo se representa y procesa el conocimiento.

Clark, H. H. y Clark, E. V. *Psychology and Language.* Nueva York, Harcourt Brace Jovanovich, 1977. Introducción general a la estructura y procesos del lenguaje.

Rosch, E. y Lloyd, B. B. *Cognition and categorization.* Hillsdale, 1978. Resume el trabajo actual de prominentes investigadores en el campo de las categorías naturales.

Cuarta parte

IMPLICACIONES Y APLICACIONES

Los cuatro capítulos siguientes introducen al lector en algunas de las aplicaciones básicas de la psicología cognitiva en problemas reales. Hasta aquí, la mayor parte de este libro se ha referido a la resolución de problemas artificiales en tareas artificiales de laboratorio, como los anagramas, problemas con cerillas, aprendizaje de conceptos, silogismos, problemas de discos, rotación mental y preguntas de inclusión de clase. En esta última sección del libro avanzaremos hacia tareas y aspectos que tienen más importancia práctica. Estos aspectos incluyen el desarrollo del pensamiento en los niños (capítulo 11), la naturaleza de las diferencias individualidades en la capacidad para pensar (capítulo 12), si puede o no enseñarse el pensamiento creador (capítulo 13) y la solución de problemas matemáticos en clase (capítulo 14). Cada

uno de estos temas implica una comprensión de las teorías e investigaciones descritas en los anteriores capítulos y cada una se apoya en esos mismos capítulos.

Los capítulos 11 al 14 comienzan cada uno con un tema práctico y luego examinan si las teorías existentes de la cognición pueden arrojar alguna luz sobre ese aspecto. En estos capítulos el estudio de la resolución de problemas está dirigido por las demandas prácticas de situaciones reales. En ellos se intenta extender las teorías que se han desarrollado en los capítulos anteriores hacia campos más amplios. La idea consiste en utilizar lo que sabemos acerca de la cognición humana para resolver problemas prácticos.

En los capítulos 11 al 14 el lector verá cómo las teorías de la psicología cognitiva pueden ser aplicadas a problemas prácticos del desarrollo humano, las diferencias individuales, entrenamiento cognitivo y aprendizaje matemático. Si bien éstos son ejercicios prácticos, el lector se equivocaría si considerara que este trabajo es una aplicación estrecha de la investigación. Por el contrario, cuando nos enfrentamos a la necesidad de extender nuestras teorías a los hechos reales, nos vemos desafiados a construir teorías mejores, más generales y más útiles. Así, en la cuarta parte el lector puede ver en qué sentido una investigación bien aplicada y una buena investigación básica son las dos caras de una misma moneda: las situaciones reales desafían a los psicólogos a construir teorías útiles, y las teorías psicológicas útiles pueden ser aplicadas a situaciones reales. La prueba última para una teoría de la resolución de problemas es una prueba que salga del laboratorio hacia el mundo real.

11 Desarrollo cognitivo: Influencia del crecimiento sobre el pensamiento

Definición del pensamiento por el desarrollo cognitivo
Teoría de Piaget: introducción
Teoría de Piaget: independiente de los estadios
Teoría de Piaget: dependiente de los estadios
El gran salto: la teoría de Bruner
El gran salto: otros enfoques
Modificaciones de la teoría de Piaget
¿Puede enseñarse el desarrollo cognitivo?

El cuadro 11-1 presenta palabras para una tarea de asociación libre. El trabajo del lector es leer cada palabra, individualmente y por separado, y después de cada una escribir la primera palabra que se le ocurra. Puede cubrir las palabras con una hoja de papel e ir bajándola a cada palabra, escribiendo la asociación a cada palabra en el momento en que llega a ella. Cuando ha escrito las asociaciones para cada palabra, mire el cuadro 11-2.

Este tipo de tareas fueron realizadas por sujetos de diversas edades, y se observaron varias diferencias interesantes en las respuestas en relación con la edad. Por ejemplo, el cuadro 11-2 da el número de niños y el número de adultos que daban una de las dos respuestas básicas (WOODROW y LOWELL, 1916). El lector no debe preocuparse si sus respuestas parecen más cercanas a las respuestas de los niños o son tan raras que no aparecen en la tabla —las cosas cambiaron bastante desde 1916—. Como lo muestra el cuadro 11-2, los niños tendían a poner palabras que aparecen con la palabra estímulo en una oración (compleción de frase) y por tanto eran partes diferentes del discurso, mientras que los adultos tendían a decir palabras con el mismo significado o el contrario y por tanto de la misma parte del discurso. Recientemente, ERVIN (1961), PALERMO (1963), PALERMO y JENKINS (1963), y BROWN y BERKO (1960) obtuvieron diferencias semejantes.

Como ejemplo, Palermo y Jenkins pidieron asociaciones a palabras como *profundo, cordero, rojo, vivir, levantar, hacer;* las normas de respuesta para los niños fueron, respectivamente, *agujero, sendero, color, casa, pesado* y

Cuadro 11-1 Test de asociación libre

Escriba la primera palabra que se le ocurra para cada una de las palabras siguientes:

Mesa _____

Oscuro _____

Hombre _____

Profundo _____

Suave _____

Montaña _____

Cuadro 11-2 Asociaciones de palabras en adultos y niños

Estímulo	Respuesta	1000 Niños	1000 Adultos
Mesa	Comer	358	63
	Silla	24	274
Oscuro	Noche	421	221
	Luz	38	427
Hombre	Trabajo	168	17
	Mujer	8	394
Profundo	Agujero	257	32
	Playo	6	180
Suave	Almohada	138	53
	Duro	27	365
Montaña	Alta	390	246
	Colina	91	184

Basado en datos de WOODROW y LOWELL (1916)

lo. Las normas respectivas para los adultos fueron *plano, oveja, blanco, morir, llevar* y *construir*. BROWN y BERKO (1960), al advertir en sus datos unas pautas similares, sugirieron que los niños tendían a dar respuestas «heterogéneas-por-parte-del-discurso» y que los adultos tendían a dar respuestas «homogéneas-por-parte-del-discurso». Las diferencias sistemáticas entre las respuestas de los niños y los adultos implican que existe una diferencia básica en la forma en que las palabras (y tal vez los conceptos) son almacenados en la memoria. El hecho de que los niños tiendan a completar frases sugiere que almacenan hileras de palabras exactamente como las que

Cuadro 11-3 El problema del «corplum»

A ver si puede decir qué es un «corplum»:

Un corplum puede usarse como soporte.

Los corplums se pueden usar para cerrar un espacio abierto.

Un corplum puede ser largo o corto, grueso o delgado, fuerte o débil.

Un corplum mojado no se enciende.

Se puede alisar un corplum con papel de lija.

El pintor usaba un corplum para mezclar sus pinturas.

De WERNER y KAPLAN (1952)
©1952. The University of Chicago Press

utilizarían en el habla corriente, mientras que los adultos tienden a clasificar las palabras a la vez por el significado y como partes del discurso. Estos descubrimientos hacen pensar que los procesos cognitivos de los niños y los adultos difieren, no sólo de manera cuantitativa, porque los adultos conocen más, sino también de forma cualitativa, pues los niños parecen pensar de manera distinta a los adultos.

Observe el lector las seis oraciones del cuadro 11-3. Lea cada oración y después de cada una de ellas trate de definir *corplum*. Observe cómo se modifica su definición con cada nueva oración y cuente cuántas oraciones necesita para «conocer» el significado de *corplum*. Los niños mayores y los adultos son capaces de abstraer el significado de palabras nuevas basándose en el contexto, pero WERNER y KAPLAN (1952) descubrieron que los niños pequeños se comportan de manera diferente. Tenían mucha más dificultad para imaginar el significado de la palabra; sus definiciones tendían a estar muy estrechamente vinculadas al contexto de la oración y en cada nueva oración cambiaban totalmente el significado de la palabra nueva. Un típico niño pequeño escuchaba la oración «Las personas hablan de los *bordicks* de otros y no les gusta hablar de los propios» y luego daba la siguiente definición de *bordicks* (faltas): «Bueno, *bordick* quiere decir que la gente habla de los demás y no sobre sí misma, eso quiere decir». Aparentemente, los niños pequeños consideraban cada oración por separado y el significado de la palabra cambiaba con cada nueva oración, mientras que los niños mayores y los adultos consideran los diversos contextos a la vez, y abstraen el significado común a todos ellos.

• • •

Definición del pensamiento por el desarrollo cognitivo

Según las teorías del desarrollo cognitivo, el pensamiento depende de la forma en que una persona se representa el mundo y de las maneras en que cada persona puede manipular o actuar sobre esta representación interna. Una contribución fundamental del enfoque evolutivo de la cognición es que las diferentes formas de representarse el mundo y las diferentes formas de manipular esas representaciones están presentes en los diferentes estadios del desarrollo; por ejemplo, la forma en que un niño de cuatro años se representa el mundo es muy diferente de la de un adulto.

Como el lector puede observar, la idea de que las estructuras mentales internas son la sustancia de nuestros procesos cognitivos está estrechamente vinculada con la idea del esquema de Bartlett y con la idea de organización de la Gestalt. De hecho, la figura más conocida en el área del desarrollo cognitivo, Jean Piaget, llama «esquemas» a las estructuras mentales internas o representaciones, y se refiere a las maneras en que las manipulamos al pensar como «operaciones». Sin embargo, en la teoría de Piaget, los esquemas están continuamente creciendo y desarrollándose y no permanecen fijos. Describir el pensamiento en sus diversos estadios se convierte así en un problema de definir el esquema (o estructura mental) y las operaciones (o acciones internas) que utiliza un ser humano cuando resuelve un problema.

Teoría de Piaget: introducción

Piaget no es psicólogo por formación ni tampoco es americano y sin embargo ha tenido una tremenda influencia sobre la psicología evolutiva norteamericana, tal vez por lo inusual de su perspectiva. Piaget es un suizo francófono, zoólogo por formación y filósofo por interés, y desde 1927 él y sus colaboradores en Ginebra publicaron la fuente de información y las teorías sobre desarrollo cognitivo más amplias del mundo.

El interés principal de Piaget es la «epistemología genética» —el estudio de la evolución del conocimiento en los seres humanos—. Como dijera ELKIND (1967) respecto de Piaget, «No es fundamentalmente un psicólogo infantil preocupado por los aspectos prácticos del crecimiento y desarrollo del niño. Más bien es, en primer lugar y sobre todo, un epistemólogo genético preocupado por la naturaleza del conocimiento y por las estructuras y procesos por medio de los cuales se llega a él». Sin embargo, en lugar de hacer teorías de entrecasa sobre cómo se acumula el conocimiento en la mente del ser humano, Piaget decidió estudiar el proceso empíricamente. Comenzando con el recién nacido, que presumiblemente tenía muy poco conocimiento, Piaget estudió cómo el conocimiento llegaba a estar representado en la mente y cómo cambiaba con el crecimiento. Así, el estudio de Piaget de la evolución cognitiva pretendía aportar información sobre un importante problema filosófico; su efecto ha sido también estimular el desarrollo de áreas totalmente nuevas en la psicología.

El método de estudio de Piaget comenzó siendo principalmente *clínico*, es decir, observaba cuidadosamente cómo se comportaban los niños en diversas situaciones del mundo real y, basándose en estas observaciones, desarrolló sus teorías de crecimiento cognitivo. Escribió diarios detallados sobre la primera infancia de sus tres hijos, que eventualmente se convirtieron en la base de sus libros *Los orígenes de la inteligencia infantil* (1952), *Juego, sueños e imitación en la infancia* (1951) y *La construcción de la realidad en los niños* (1954). El método de Piaget ha sido criticado en relación a dos aspectos básicos:

> *Método.* El método clínico es demasiado elástico y carece de un buen control experimental. Por ejemplo, ROSENTHAL y JACOBSON (1968) demostraron que el experimentador puede influir sobre los sujetos muy sutilmente por vías como la expresión facial, sin darse cuenta de ello. Además, el método de Piaget depende en gran medida de conceptos del lenguaje que los niños pequeños pueden no usar de la misma forma que los adultos.
>
> *Teoría.* Las teorías son demasiado generales y vagas. Como muchas de las teorías de Freud, a veces ni siquiera son comprobables en un experimento claro, y las que son verificables, con frecuencia han sido rebatidas [GELMAN, 1969, pág. 69].

Sin embargo, las docenas de libros y cientos de artículos de Piaget y sus colaboradores siguen estimulando e influyendo sobre nuestras concepciones del crecimiento cognitivo humano, inclusive el pensamiento. Hagamos ahora un breve resumen de estas ideas.

La teoría de Piaget: independiente de los estadios

La teoría de Piaget puede dividirse en dos grandes partes: la enumeración de los estadios de la evolución cognitiva humana y los conceptos generales que son independientes de los estadios.

La premisa de la que parte Piaget en la parte de su teoría independiente de los estadios es que los seres humanos son seres vivientes, que intentan sobrevivir y funcionar con éxito en sus respectivos entornos. Para poder sobrevivir, deben obtener información de su entorno; sin embargo, de toda la posible información existente, sólo una pequeña parte puede ser captada por un individuo, puesto que todo conocimiento nuevo debe ser relacionado con el conocimiento existente. La información del mundo exterior que difiera mucho del conocimiento existente en la persona no será comprendida ni codifi-

cada porque no hay forma de relacionarla con el conocimiento existente, así como la información que sea exactamente igual al conocimiento existente no tendrá ninguna influencia puesto que no añade nada nuevo. Sin embargo, la información del exterior que es semejante, pero no idéntica, al conocimiento existente y sus estructuras, será captada (o asimilada) por las estructuras mentales existentes. También habrá algunos cambios en la organización mental para encajar (acomodar) el conocimiento nuevo. La estructura mental resultante será un poco más sofisticada puesto que incluye más conocimiento y así será capaz de asimilar información aún más compleja, reestructurarse para acomodar el conocimiento nuevo, y así sucesivamente. Todo crecimiento cognitivo, según esta concepción, depende de que vayamos captando información siempre un poco diferente de la que ya tenemos y luego ir reestructurando nuestro conocimiento para integrar la información antigua y la nueva; este proceso produce una estructura cognitiva mejorada, que puede ayudarnos a sobrevivir y a funcionar mejor.

Como puede inferirse de esta breve descripción, la teoría de Piaget se basa en varias ideas fundamentales:

— Parte de la vida: la acumulación de modos cada vez mejores de representarnos la realidad se realiza para ayudarnos a sobrevivir y a funcionar en nuestro entorno.

— El conocimiento es más bien mediato que inmediato: nuestra concepción de la realidad no se registra de forma pasiva sino que se construye activamente y en relación continua de la nueva información con el conocimiento existente.

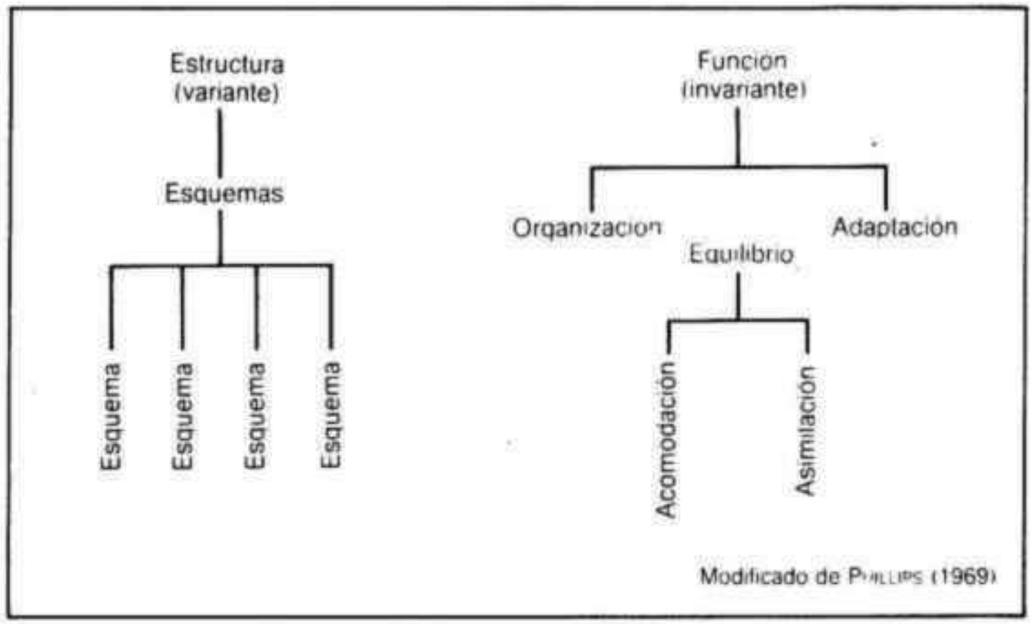
— La motivación del crecimiento cognitivo es intrínseca: los seres vivientes como tales buscan información que sea un poco más compleja que su conocimiento existente.

— Es dialéctica: existe una continua interacción entre el deseo de tener un banco bien organizado de conocimiento (acomodación) y la necesidad de más información (asimilación) que de continuo se presenta a las organizaciones existentes y evoca otras algo más sofisticadas.

Los términos principales que Piaget utiliza para explicar esta teoría independiente de los estadios se presentan en el cuadro 11-4. Esta teoría resulta con frecuencia difícil para la comprensión de los psicólogos americanos, porque toma en préstamo conceptos biológicos desconocidos, en parte porque está traducida del francés y en parte porque es masiva, algunas veces vaga y difícil. Sin embargo, una buena comprensión de algunas de las ideas básicas que Piaget utiliza ayudará al lector a entender su teoría. Consideraremos los siguientes términos: *estructuras y esquemas; funciones, organización* y *adaptación; equilibrio, asimilación* y *acomodación.*

Según Piaget, la forma en que una persona se representa el mundo —las

Cuadro 11-4 Teoría de Piaget independiente de los estadios



Modificado de Phillips (1969)

estructuras o esquemas mentales internos— cambia sistemáticamente con el desarrollo. Si las estructuras no cambiaran, no podría haber desarrollo puesto que no habría crecimiento del conocimiento. Por ejemplo, el bebé estructura la información, basándose en la forma en que la información se relaciona con acciones como chupar. Piaget se refiere al «esquema de succión» y sugiere que el conocimiento sobre el mundo se almacena según la forma en que los objetos responden a la succión.

Si bien las estructuras cognitivas cambian —esperamos que los adultos no se representen el mundo sólo en función del gusto o el tacto de las cosas— nuestras funciones como seres vivientes permanecen invariables. Existen dos funciones básicas comunes a todos los sistemas biológicos: la necesidad de permanecer vivos y de sobrevivir en nuestro entorno —*adaptación*— y la necesidad de tener una estructura ordenada y bien organizada interna —*organización*—. En función de una estructura cognitiva, esto significa que tenemos una necesidad constante de que nuestra representación del mundo esté bien organizada, sea internamente consistente y ordenada, al mismo tiempo que necesitamos aportar nueva información que irrumpirá en la organización interna pero que nos ayudará a sobrevivir mejor y a adaptarnos a la realidad del mundo externo.

Los mecanismos de balance de este conflicto entre la necesidad de organización y la necesidad de adaptación son el equilibrio, la asimilación y la acomodación. La asimilación y la acomodación son llamadas «funciones invariantes» porque están constantemente implicadas en el crecimiento de cualquier sis-

Cuadro 11-5 Teoria de Piaget dependiente de los estadios

Periodo sensoriomotor	0-2 anos
Periodo preoperacional	2-7 anos
Periodo operacional concreto	7-11 anos
Periodo de operaciones formales	11-adulto

tema biológico, incluyendo el crecimiento del conocimiento. La asimilación se produce cada vez que algo del exterior del sistema se toma y se incorpora; el ejemplo más obvio es la ingestión de comida, en la cual algo del medio se torna parte nuestra. En resumen, el input es modificado para adecuarlo a la estructura interna existente. La acomodación es el proceso complementario que siempre debe acompañar a la asimilación: cambiar la estructura interna existente para adecuar el nuevo input asimilado. El crecimiento cognitivo implica la continua asimilación del nuevo conocimiento y la acomodación del conocimiento existente. Piaget cita la imitación como un desbalance temporal en el cual la acomodación supera a la asimilación y el juego como una situación en el cual la asimilación supera la acomodación.

Sin embargo, la mayor parte del tiempo, en una persona que funciona normalmente, existe una tendencia al equilibrio entre la asimilación y la acomodación; este proceso de balance se llama *equilibración* y es el verdadero responsable de todo el crecimiento cognitivo. Cuando se asimila nueva información a las estructuras existentes, comienza un proceso de equilibración. Su resultado es una nueva estructura cognitiva —una que incorpora algo de la nueva información pero también retiene parte de la información anterior, todo organizado de manera más eficiente—. Así, la equilibración nunca se termina porque tan pronto como la nueva información es asimilada, el proceso comienza otra vez, lo cual produce representaciones del mundo progresivamente mejoradas.

La teoría de Piaget: dependiente de los estadios

Los cambios progresivos en la estructura cognitiva pueden variar de proporción de persona a persona, pero siguen una secuencia invariante, siempre moviéndose en el mismo orden, y los cambios progresivos de la forma en que los niños organizan la información puede caracterizarse como una secuencia de estadios. Los cuatro períodos principales del crecimiento cognitivo se muestran en el cuadro 11-5, si bien algunas preoperaciones de escritura y operaciones concretas deben considerarse como un período único. Las edades son promedios basados en las observaciones de Piaget, pero sólo son aproximadas y están sujetas a grandes diferencias individuales. Sin embargo, el orden de los

cuatro períodos es fijo, y según la teoría, todos los seres humanos progresan a través de ellos en el mismo orden.

Los estadios están basados en dos aspectos de la vida cognitiva: 1) *estructura:* cómo el niño se representa el mundo y 2) *operaciones:* cómo actúa el niño sobre esta representación. La secuencia de estadios representa así estructuras cognitivas cada vez mejores acompañadas por operaciones cognitivas cada vez más potentes.

Período sensoriomotor

Aproximadamente durante los primeros dos años de su vida los niños progresan a través de seis estadios del *período sensoriomotor*. La mayor parte de las investigaciones de PIAGET sobre este período provienen de los diarios de cuidadosas observaciones de sus propios tres hijos —Laurent, Lucienne y Jacqueline— que luego resumió en sus clásicos libros, entre ellos *Orígenes de la inteligencia en los niños* (1952). En este estadio el niño se representa el mundo en función de acciones —chupar, sacudir, lanzar al suelo, mirar, etc.— y realiza operaciones o manipulaciones sobre objetos reales y no sobre representaciones internas. La razón de este nombre peculiar, sensoriomotor, es que durante este período los bebés aprenden a coordinar sus sentidos con su comportamiento motor, como por ejemplo adaptar el reflejo de succión a la búsqueda del pezón antes de chupar, coordinando el movimiento de la mano con la boca, o seguir visualmente un objeto que se mueve en el entorno.

Una de las más interesantes realizaciones del período sensoriomotor implica el desarrollo progresivo del concepto de permanencia de objeto. Al nacer, el niño no tiene concepto de permanencia de objeto: cuando los objetos no están en su campo visual no existen más; la única realidad es el estímulo sensorio actual. Por ejemplo, un niño recién nacido no busca a un objeto que ha abandonado su campo de visión (ver primera entrada del cuadro 11-6). Más adelante, el concepto comienza a desarrollarse y el niño buscará activamente un objeto que ha desaparecido pero todavía no será capaz de seguir una secuencia de desplazamientos como se describe en la segunda entrada del cuadro 11-6. Eventualmente, el niño refinará luego el concepto de objeto y será capaz de seguir un objeto a través de series de desplazamientos (tercera entrada) y por último podrá representarse este desplazamiento mentalmente (cuarta entrada). La capacidad para representarse los objetos mentalmente y de moverlos mentalmente de un lado a otro (como lo requiere la cuarta entrada) marca el fin del período sensoriomotor.

Otro logro interesante del período sensoriomotor es una capacidad progresiva para controlar e investigar el entorno. Primero, los niños sólo tienen reflejos como chupar y agarrar, que resultan adaptados al entorno (primera entrada del cuadro 11-7). Reacciones circulares primarias son los intentos que

Cuadro 11-6 Desarrollo de la permanencia de objeto en el período sensoriomotor

Sobre la base de observaciones cuidadosas de sus tres hijos —Lucienne, Laurent y Jacqueline— Piaget dedujo que el concepto de permanencia del objeto se desarrolla durante los dos primeros años de vida. A continuación, algunos pasajes de la obra de Piaget:

7 meses, 30 días. (Ningún comportamiento especial.)
Lucienne coge una muñequita que yo le muestro por primera vez. La examina con gran interés, luego la suelta (no intencionadamente), inmediatamente la busca delante de ella pero no la ve en seguida. Cuando la encuentra, se la quito y le pongo una manta encima, ante sus ojos (Lucienne está sentada). Ninguna reacción.

9 meses, 17 días. (Búsqueda activa de objetos desaparecidos sin tener en cuenta una secuencia de desplazamientos visuales.)
Laurent está sentado sobre un sofá entre manta A a su derecha y una prenda de lana B a su izquierda. Yo pongo mi reloj debajo de la manta, el niño la levanta con suavidad, ve parte del objeto, lo descubre y lo coge. Lo mismo sucede una segunda y tercera vez... Entonces coloco el reloj debajo de B. Laurent observa esta maniobra con atención, pero cuando el reloj ha desaparecido debajo de B, se vuelve hacia A y busca el reloj debajo de la manta. Coloco nuevamente el reloj debajo de B; otra vez el niño busca debajo de A...

11 meses, 22 días. (Toma en cuenta los desplazamientos visuales.)
Laurent está sentado entre dos almohadas A y B. Yo oculto mi reloj alternativamente debajo de cada una; Laurent busca constantemente el objeto allí donde ha desaparecido; es decir, a veces bajo A y a veces bajo B sin quedar apegado a la posición privilegiada en el estadio anterior... A los 12 meses y 20 días también busca secuencialmente en mis dos manos un botón que oculto. Luego trata de mirar detrás de mí cuando hago rodar el botón por el piso (sobre el que estoy sentado) aunque, para engañarlo, mantengo mis dos manos cerradas.

18 meses, 8 días. (Representación interna de los desplazamientos visuales.)
Jacqueline arroja una pelota debajo del sofá. En lugar de inclinarse y buscarla por el piso mira a su alrededor, advierte que la pelota debe haber pasado debajo del sofá y va a buscarla... Comienza dando la espalda al lugar por donde la pelota ha desaparecido, da una vuelta alrededor de la mesa y por último llega detrás del sofá al lugar correcto. Así cierra el círculo (de desplazamiento) por un itinerario diferente al del objeto.

De Piaget (1954) © 1954, Basic Books Inc.

hace el bebé para obtener coordinación sensoriomotriz repitiendo movimientos como el de llevar la mano a la boca, seguir los objetos con los ojos, etc., una y otra vez. Estos movimientos son circulares porque se repiten muchas veces; son primarios porque implican un único acto simple que no es iniciado

Cuadro 11-7 Desarrollo desde reflejos y reacciones hasta llegar al pensamiento

0 meses, 20 días. (Adaptación de reflejos.)
Cuando le dan el pecho lo muerde a 5 cm del pezón. Por un momento chupa la piel y luego la suelta para desplazarse unos dos centímetros. En cuanto comienza a chupar otra vez se detiene... su búsqueda siguiente lo lleva accidentalmente hasta tocar el pezón con la mucosa del labio superior (tiene la boca bien abierta), ajusta inmediatamente sus labios y comienza a mamar.

1 mes, 1 día. (Primeras reacciones circulares.)
...Veo que su mano derecha se acerca a su boca... Pero cuando sólo ha metido el dedo índice la mano cae otra vez. Poco después recomienza. Esta vez mete el pulgar en la boca... Le retiro la mano y se la coloco en la cintura... a los pocos minutos mueve los labios y la mano otra vez se les acerca... Esta vez viene una serie de contratiempos... [pero finalmente] la mano entra en la boca. Otra vez le retiro la mano. Otra vez cesan los movimientos de los labios, luego nuevos intentos, y tiene éxito en la novena y décima vez, después de lo cual se interrumpe el experimento.

3 meses y 5 días. (Reacciones circulares secundarias.)
Lucienne sacude su cuna de mimbre moviendo sus piernas con violencia (las dobla y las estira repetidamente); esto hace caer las muñecas de trapo que estaban en la capota. Lucienne las mira y sonríe, y vuelve a empezar...
Lucienne, a los cuatro meses, 27 días, está acostada en su moisés. Yo cuelgo una muñeca (encima de la capota) sobre sus pies, que ella comienza a mover inmediatamente según el esquema de sacudir. Pero sus pies alcanzan la muñeca en seguida y la hacen mover con fuerza, a lo cual Lucienne observa encantada. Luego mira por un segundo sus pies inmóviles y vuelve a empezar.

10 meses, 11 días. (Reacciones circulares terciarias.)
Laurent está acostado de espaldas... Agarra sucesivamente un cisne de plástico, una caja, etc., estira su brazo y los deja caer. Va variando con claridad las posiciones de la caída. A veces estira el brazo verticalmente, a veces lo sostiene en posición oblicua, hacia adelante o hacia atrás... Cuando el objeto cae en una posición nueva (por ejemplo, sobre su almohada), lo deja caer dos o tres veces más en la misma posición... luego modifica la situación.

1 año, 4 meses, 0 días. (Comienzo del pensamiento.)
Coloco una cadena dentro de una caja y la dejo abierta sólo 3 milímetros. Se sobreentiende que Lucienne no sabe cómo funciona la apertura y el cierre de una caja de cerillas... Sólo está en posesión de los dos esquemas anteriores: dar vuelta la caja hacia abajo... y deslizar sus dedos por la apertura para que salga la cadena. Por supuesto este procedimiento es el que utiliza primero, mete sus dedos y trata de alcanzar la cadena pero fracasa totalmente. Después de una pausa Lucienne manifiesta una reacción muy curiosa... Observa la ranura con gran atención; luego, varias veces sucesivas, abre y cierra la boca, primero un poco y luego cada vez más grande... [Luego] Lucienne sin dudarlo mete sus dedos en la ranura y en lugar de tratar como antes de alcanzar la cadena, empuja para ampliar la abertura. Logra alcanzar la cadena.

De Piaget (1954) © 1954 Basic Books, Inc.

intencionalmente por el niño (segunda entrada). Las reacciones circulares secundarias son esfuerzos repetidos para controlar el entorno, pero iniciados por el niño (hay un ejemplo en la entrada tercera del cuadro 11-7). Las reacciones circulares secundarias son avances respecto de las dos anteriores porque el niño inicia activamente una serie de manipulaciones sistemáticas, tales como dejar caer objetos desde diferentes alturas (cuarta entrada). Por último, el pensamiento representativo comienza cuando, como en la entrada final, Lucienne se representa la caja de cerillas como si fuera su boca y encuentra una solución.

Período preoperacional

Al final del período sensoriomotriz y comienzo del *período preoperacional* el niño hace algunos adelantos asombrosos, incluyendo la coordinación sensoriomotriz, la capacidad para representarse objetos en lugar de sólo acciones y sensaciones, y los rudimentos de la resolución simbólica de problemas. Sin embargo, el niño en este estadio trata con imágenes estáticas, concretas, y está limitado por los seis siguientes problemas (PHILLIPS, 1969):

Concreción: el niño sólo puede tratar con objetos concretos que estén presentes aquí y ahora.

Irreversibilidad: el niño es incapaz de reordenar los objetos mentalmente o concebirlos en otro ordenamiento.

Egocentrismo: el niño cree que todo el mundo ve a través de sus ojos y que todos experimentan lo mismo que él.

Centrado: el niño sólo puede atender a una dimensión o aspecto de una sensación por vez.

Estados frente a transformaciones: el niño se centra en estados, en la forma perceptual en que se ven las cosas más que en las operaciones que producen ese estado.

Razonamiento transitivo: el niño razona que si A causa B entonces B causa A.

Ejemplos de estos aspectos se muestran en el cuadro 11-8. Los niños son alcanzados por la forma perceptual en que se muestra el mundo y son «preoperacionales» porque no pueden realizar operaciones mentales sobre sus representaciones y no pueden modificar sus representaciones del mundo a menos que también cambie el mundo perceptual.

Operaciones concretas

Alrededor de los siete años, a medida que ingresan en el período de las *operaciones concretas,* los niños, observa Piaget, experimentan cambios básicos en sus estructuras y operaciones mentales. A finales del período preoperacional, un niño ha alcanzado o comenzado a lograr la capacidad para invertir o descentrar (es decir, para considerar simultáneamente una o más dimensiones a un tiempo), a considerar transformaciones en lugar de estados perceptuales estáticos y ha comenzado a perder su egocentrismo y su razonamiento transitivo. El mundo comienza a ser representado no ya como un conjunto de imágenes perceptuales estáticas, sino más bien como objetos concretos que pueden ser modificados mentalmente de forma lógica. La reversibilidad es una nueva operación mental adquirida que libera al niño de la dominación de la apariencia de las cosas. El nombre, *operaciones concretas,* proviene de esta nueva capacidad adquirida para operar mentalmente o cambiar una situación concreta y realizar operaciones lógicas sobre una situación.

Estas nuevas operaciones mentales se muestran en una serie de pequeños experimentos que Piaget llama *conservación,* y que incluye conservación de número, conservación de sustancia y conservación de cantidad. Por ejemplo, consideremos la situación de conservación de número del cuadro 11-9. Si Piaget mostraba un puñado de monedas, por ejemplo, a niños preoperacionales, ellos basaban su juicio de cantidad en la apariencia perceptual. Un niño diría que hay «más» monedas cuando están desparramadas que cuando están amontonadas. Incluso si se pide a los niños que cuenten las monedas bajo cada tipo de ordenamiento, insistirían en que hay más cuando están desparramadas. Los niños se centran en la dimensión de longitud y no pueden invertir mentalmente la operación de amontonar o desparramar las monedas. Sin embargo, un niño apenas un poco mayor que ya ha adquirido las operaciones concretas está seguro de que se trata de la misma cantidad de monedas, más allá de cómo estén ordenadas. Cuando se le pregunta cómo lo sabe, el niño contesta que aunque un ordenamiento puede parecer más grande, él sabe que podría moverlas y lograr el otro ordenamiento, es decir, puede invertir mentalmente y reordenar en su mente las monedas.

El segundo panel del cuadro 11-9 nos da un ejemplo de conservación de sustancia. Se le muestra al niño una bola de plastilina y luego se la estira ante sus ojos para formar una salchicha. El niño preoperacional afirma que cuando la bola se transforma en salchicha es «más» (algunos ven más cuando se forma la bola). En estos casos el niño se concentra en una sola dimensión (como el largo o el ancho) y carece de la capacidad para realizar la operación mental de la reversibilidad —de cambiar mentalmente la bola en salchicha y la salchicha en bola—. El niño mayor que realiza las operaciones concretas, sin embargo, es capaz de decir que para cada forma se utiliza la «misma» cantidad de plastilina. Los niños en este período no son superados por la apariencia de las cosas y pueden descentrar —considerar tanto el largo como el ancho simultáneamente— e invertir —remodelar mentalmente la plastilina—.

El panel inferior del cuadro 11-9 da un ejemplo de conservación de can-

Cuadro 11-8 Ejemplos de pensamiento preoperacional

Irreversibilidad

Se pregunta a un sujeto de cuatro años:

«¿Tienes un hermano?». Dice: «Sí.»

«¿Cómo se llama?» «Juan.»

«¿Juan tiene un hermano?» «No.»

De Phillips (1969)

Razonamiento traslativo

A los dos años y 14 días Jacqueline quería un vestido de muñeca que estaba arriba. Dijo «Vestido» y cuando la madre se negó a buscarlo dijo «Papá trae vestido». Como yo también me negué, quiso ir ella misma «A la habitación de mamá». Después de varias repeticiones se le dijo que arriba hacía mucho frío. Entonces hizo una larga pausa y luego dijo «No demasiado frío». Le pregunté «¿Dónde?» «En la habitación.» «¿Por qué no está demasiado frío?» «Buscar vestido.».

De Piaget (1951)

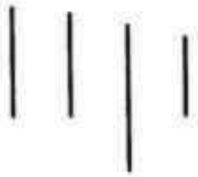
Egocentrismo

Después de entrevistar a los niños acerca de cómo jugaban a las bolitas, Piaget concluye: «...de qué manera los niños pequeños de la misma clase, viviendo en la misma casa y acostumbrados a jugar entre ellos, no son capaces de comprenderse mutuamente a esta edad. No sólo nos cuentan reglas totalmente diferentes... sino que cuando juegan juntos no se miran uno al otro y no unifican sus respectivas reglas ni siquiera sobre la duración del juego. La verdad es que ninguno trata de hacerlo mejor que otro; cada uno simplemente juega su juego, y trata de darles a las bolitas que están en el cuadrado, es decir, trata de "ganar" desde su punto de vista. [En otras situaciones, como cuando están sentados alrededor de la arena] puede verse en los niños de entre 2 y 6 años un tipo característico de pseudoconversación o "monólogo colectivo" durante el cual los niños sólo hablan para sí mismos... y cada uno se preocupa sólo de sí mismo.»

De Piaget (1965)

Centrado

Cuando se pide al niño que coloque un conjunto de varillas de diversas longitudes en orden, se obtiene el siguiente ordenamiento:



Aparentemente, el niño «centra» sólo en un aspecto del problema (por ejemplo la parte superior de las varillas) y no puede considerar simultáneamente otros aspectos (como el extremo inferior de las varillas).

De Piaget (1952)

Concretud, irreversibilidad, centrado y estados

Se pregunta a una niña de cuatro años: «¿Tienes una amiga?»

«Sí, Odelia.»

«Bien, mira, Clarita, te damos a ti un vaso de naranjada (A1, lleno 3/4) y damos a Odelia un vaso de limonada (A2, también 3/4 lleno). ¿Alguna de las dos tiene más que la otra para beber?»

«Lo mismo.»

«Esto es lo que hace Clarita: vierte su bebida en otros dos vasos (B1 y B2, que quedan entonces por la mitad). ¿Tiene Clarita la misma cantidad que Odilia?»

«Odilia tiene más.»

«¿Por qué?»

«Porque hemos puesto menos dentro.» (Señala los niveles en B1 y B2 sin tener en cuenta que ahora hay dos vasos.)

(Entonces se vierte la bebida de Odilia en B3 y B4.) «Es lo mismo.»

«¿Y ahora?» (Se vierte la bebida de Clarita desde B1 y B2 a L, un tubo largo y delgado que entonces queda casi lleno.)

«Yo tengo más.»

«¿Por qué?»

«Lo hemos vertido en el vaso (L) y aquí (B3 y B4) no tenemos.»

«¿Pero antes eran lo mismo?»

«Sí.»

«¿Y ahora?»

«¿De dónde proviene la cantidad de más?»

«De allí.» (B1)

De Piaget (1952)

Cuadro 11-9 Tareas típicas de conservación

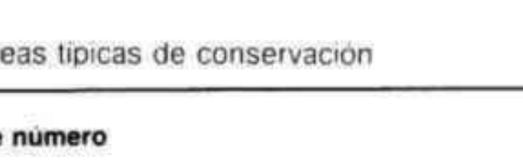
Conservación de número

Si el experimentador separa las monedas, el sujeto puede decir «Más».

Conservación de sustancia

Si el experimentador estira la plastilina, el sujeto puede decir «Más.»

Conservación de cantidad

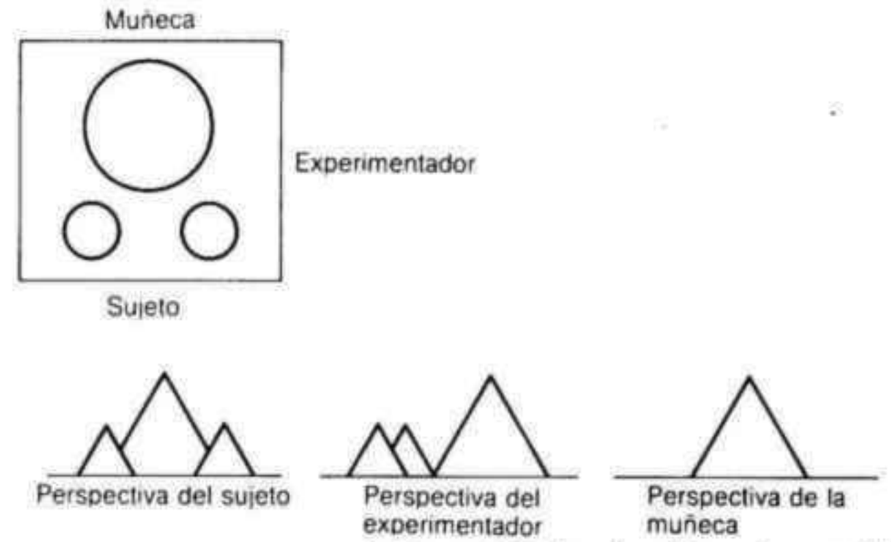


Si el experimentador vierte el líquido, el sujeto puede decir «Más.»

tidad. Cuando se vierte líquido de un vaso bajo y ancho a un vaso alto y delgado, el niño preoperacional puede decir que hay «más» o «menos» líquido en el vaso alto que cuando está en el vaso bajo. El niño se centra o enfoca la dimensión de altura (o el ancho) para basar la decisión y es incapaz de invertir. Sin embargo, un niño apenas mayor que ha adquirido las operaciones concretas dice que la cantidad de líquido es la «misma»; este niño puede descentrar —advierte que el alto y el ancho se compensan uno a otro— e invertir el orden: puede verter mentalmente el líquido de un vaso a otro.

El cuadro 11-10 da un ejemplo del cambio en el egocentrismo que se produce en este período: el problema de las tres montañas (PIAGET e INHELDER, 1956). Un conjunto de tres montañas, en relieve tridimensional se coloca sobre una mesa. El niño se sienta en una silla y se coloca una muñeca en otra silla con otra perspectiva. Se pide al niño que dibuje lo que «ve» la muñeca

Cuadro 11-10 El problema de las tres montañas



De PHILLIPS (1969), basado en PIAGET e INHELDER (1956)

desde donde está sentada. El niño preoperacional dibuja la escena desde su propia perspectiva sin importarle dónde está sentada la muñeca, mientras que el niño operacional concreto es capaz de dibujar la perspectiva «correcta». Aparentemente, las nuevas operaciones mentales adquiridas durante este período permiten a los niños mirar el mundo desde muchas perspectivas posibles y no sólo la imagen estática única que reciben en el momento.

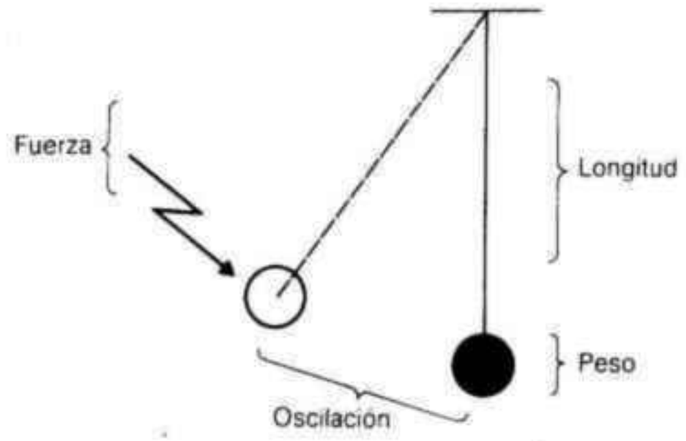
Existen, por supuesto, muchos otros ejemplos de las nuevas operaciones mentales que comienzan a surgir en el período de las operaciones concretas. Sin embargo, incluso estos avances tienen sus fallos. Por ejemplo, en este período, el niño, si bien quedó liberado de la imagen perceptual de la apariencia de las cosas, todavía está atado a los objetos concretos sobre los cuales piensa y los que manipula aquí y ahora. El niño operacional concreto, aunque posee las potentes operaciones de reversibilidad y descentramiento, no es capaz de aplicarlas a situaciones abstractas.

Operaciones formales

En la primera adolescencia, alrededor de los once años, comienza el *período de las operaciones formales* y con él la capacidad progresivamente más sofisticada de realizar operaciones mentales no sólo sobre objetos concretos sino sobre símbolos. Si bien la mayor parte del trabajo de Piaget se centró en

Cuadro 11-11 El problema de la oscilación

Cuando le dan un péndulo, el sujeto puede variar el largo de la cuerda, el peso del objeto suspendido, la altura del objeto lanzado y la fuerza con que se lanza el objeto. ¿Cuál de éstos tiene influencia sobre la tasa de oscilación? ¿Con qué velocidad se mueve el péndulo?



Piaget informa el rendimiento de una adolescente típica (15 años, 1 mes): «...después de haber seleccionado un peso de 100 gramos con una cuerda larga y una cuerda mediana, luego 20 gramos con una cuerda larga y una corta y por último 200 gramos con una cuerda larga y una corta, la muchacha concluye: "Lo que lo hace ir más rápido o más despacio es el largo de la cuerda; el peso no juega ningún papel". También deja de lado la altura de la caída y la fuerza del impulso.»

De Inhelder y Piaget (1958)

el salto desde el pensamiento preoperacional al operacional concreto, el estadio de las operaciones formales tiene algún interés porque consiste en las operaciones mentales que realizan los humanos adultos normales. Durante este período el niño desarrolla la capacidad de pensar en función de lo hipotético, en función de probabilidades, en función de lo posible más que de lo concreto aquí y ahora. Dada una situación, pueden descubrirse todas las alternativas posibles, y comienza a surgir el razonamiento científico en su forma más sistemática y sofisticada.

El cuadro 11-11 muestra el problema del péndulo, que Piaget utilizó para investigar el desarrollo del pensamiento operacional formal. Se construyó un péndulo colgando un objeto de una cuerda, y el sujeto tiene que descubrir cómo influyen cuatro factores sobre la frecuencia de la oscilación: el largo de la cuerda, el peso de la pelota, la altura del peso cuando comenzó el movimiento y la fuerza con que se lo empujó. En el cuadro 11-11 también se muestra una respuesta típica. Los niños en el estadio operacional formal son capaces de variar condiciones sistemáticamente —similar a las reacciones circulares terciarias pero más organizadas— para poder resolver el problema.

Podría no ser una coincidencia que el estadio cognitivo de las operaciones formales —la capacidad del adulto para pensar en función de lo hipotético— vaya acompañado por cambios sociales y emocionales que incluyen incertidumbre sobre el sentido de la vida, crisis de identidad y de idealismo adolescente. En todo caso, las operaciones formales constituyen el pensamiento del adulto y Piaget no plantea estadios adicionales.

El gran salto: la teoría de Bruner

Tal vez la mayor contribución de Piaget sea la idea de un cambio cualitativo del proceso cognitivo entre pensamiento preoperacional y pensamiento operacional concreto, alrededor de los cinco a siete años. Aunque Piaget consideraba fundamentales los procesos de reversibilidad y descentrado como descripción de las nuevas potencialidades adquiridas, se han dado muchos puntos de vista alternativos.

El trabajo de Bruner y sus colaboradores (resumido en Bruner, 1964, 1973; Bruner, Olver y Greenfield, 1966) es un suplemento importante a la teoría de Piaget. Por ejemplo, en lugar de cuatro períodos de desarrollo cognitivo, Bruner propone tres modos diferentes de representación del mundo:

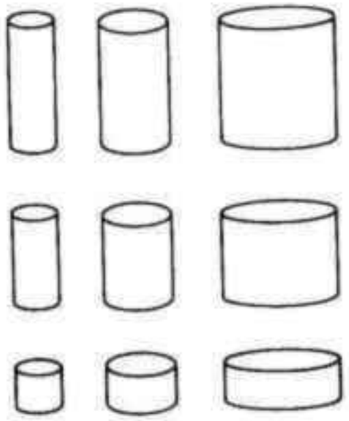
Enactiva, el mundo se representa en función de acciones (semejante al período sensoriomotriz).

Icónica, el mundo se representa en función de imágenes perceptuales estáticas (semejante al período preoperacional).

Simbólica, el uso del lenguaje y los símbolos (similar al pensamiento operacional).

El salto desde la representación icónica a la representación simbólica (o de la forma preoperacional al pensamiento operacional concreto) queda indicado en los experimentos de conservación, pero Bruner y Piaget difieren en la forma de explicarlo. Piaget pone el énfasis en la importancia de las operaciones mentales como la reversibilidad como prerrequisito para la conservación y sugiere que el reconocimiento, por parte del niño, de que material idéntico también debe ser equivalente es un efecto lateral. Bruner pone el énfasis en la importancia del concepto de identidad del niño y la vinculación entre la identidad y equivalencia (si es lo «mismo» debe ser «igual») como prerrequisito para la conservación y sugiere que la reversibilidad es un efecto colateral. Si bien la teoría de Bruner se parece mucho a la de Piaget, se diferencia en la forma de caracterizar los períodos de desarrollo (tres modos de representación contra cuatro períodos) y en cómo se explica la conservación (identidad contra reversibilidad).

Cuadro 11-12 El problema de los nueve vasos

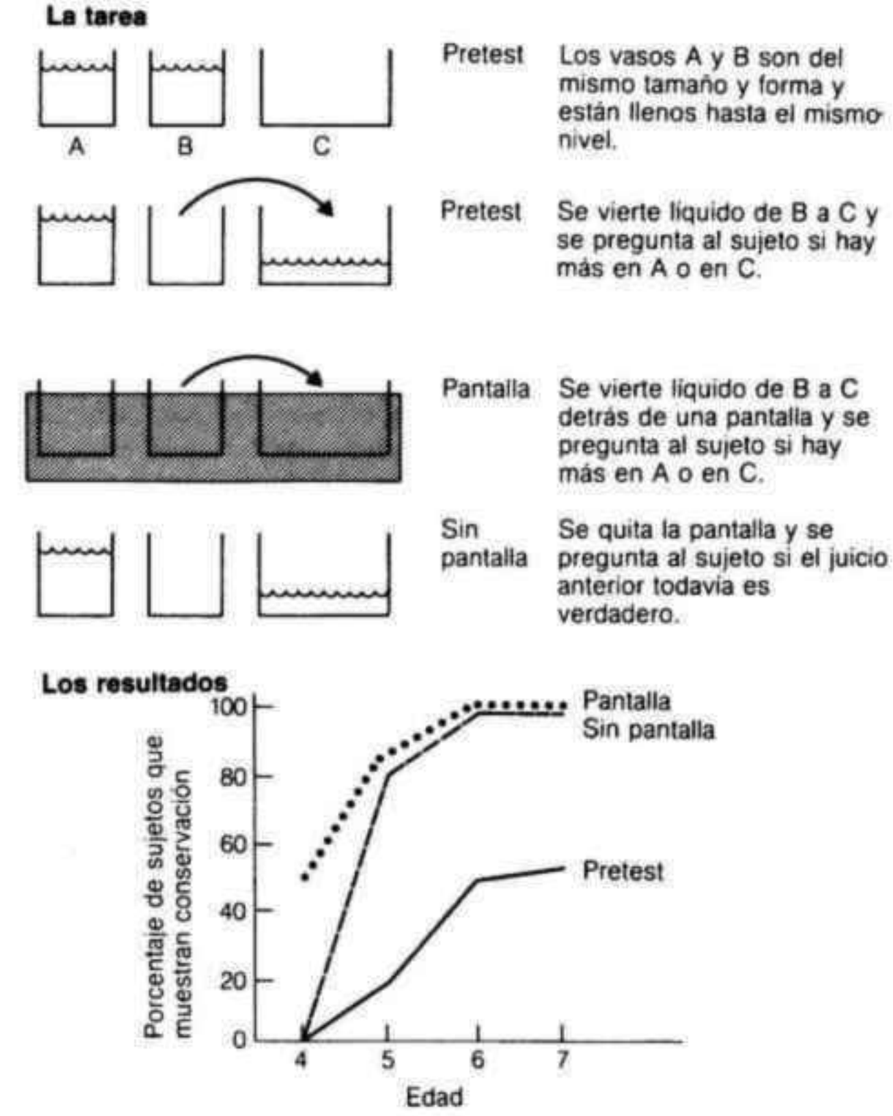


Basado en BRUNER y KENNEY (1966)

BRUNER y KENNEY (1966) aportaron un ejemplo del cambio, alrededor de los seis años, del paso de la representación icónica a la simbólica. Mostraron a niños de cinco, seis y siete años una matriz de 3 × 3 de nueve vasos y cada hilera se hacía progresivamente más ancha de la izquierda a la derecha y cada columna progresivamente más alta de abajo arriba, como se ve en el cuadro 11-12. Se pidió a un niño que observara la matriz y luego el experimentador mezclaba todos los vasos y pedía al niño que «hiciera algo parecido a lo que había antes». Una vez que el niño había reproducido con éxito el ordenamiento original, el experimentador mezclaba los vasos otra vez, pero dejaba el vaso bajo y delgado de la esquina inferior izquierda en la esquina inferior derecha. Entonces se le pedía al niño que otra vez «hiciera algo parecido a lo anterior» pero que dejara ese vaso donde estaba. En la primera tarea (reproducción) no hubo diferencias de errores entre los niños de los tres grupos de edades, y todos los niños trabajaron bien, excepto que los mayores iban un poco más rápido. Sin embargo, en la segunda tarea (transposición) casi ninguno de los niños pequeños y casi todos los niños mayores resolvieron el problema. Un análisis más cuidadoso de los comentarios de los niños indicaba que los niños de cinco años tenían tendencia a representar la matriz icónicamente —como una imagen espacial— mientras que los niños de siete años usaban símbolos de lenguaje, como altura y ancho.

Un experimento realizado por FRANK (1966) ilustra la idea de Bruner de que la base de la conservación es la identidad y no la reversibilidad. Se presentó a niños de cuatro, cinco, seis y siete años una tarea estándar de conservación de cantidad como prueba previa utilizando dos vasos estándar llenos con la misma cantidad de agua (los niños decían que era la misma). Se vertía

Cuadro 11-13 Un experimento de conservación



Adaptado de BRUNER (1964)
© 1964 The American Psychological Association
Reproducido con permiso del autor

el agua de un vaso de diferente forma a otro (por ejemplo, bajo y ancho) y se preguntaba al niño si la cantidad de agua seguía siendo la misma. Como puede verse en el cuadro 11-13, la capacidad de conservación de los niños se incrementa con la edad. Más tarde, Frank realiza una demostración similar, ex-

cepto que el vertido del agua de un vaso a otro se hace detrás de una pantalla que sólo deja ver el borde de éstos. En este caso como muestra el cuadro 11-13 el 50 por ciento de los niños de cuatro años y del 90 al 100 por ciento de los niños mayores dijeron que la cantidad del agua recientemente vertida era la misma. Cuando se retiró la pantalla, todos los niños de cuatro años cambiaron de idea. Parece ser que la apariencia perceptual los sobrepasó, y decidieron que el vaso más ancho contenía menos líquido. Sin embargo, ninguno de los niños mayores cambió sus apreciaciones. Como explicaba un niño de siete años, «parece que hubiera más para beber pero sólo es la misma porque es la misma agua y sólo fue vertida de aquí a allí». En una prueba posterior, en que el agua era vertida en un vaso alto y delgado junto con un vaso estándar y sin pantalla, ningún niño de cuatro años tuvo conservación, pero sí la tuvieron los niños mayores con un aumento considerable (véase cuadro 11-13). En apariencia, los sujetos pueden ser correctos en reversibilidad (con pantalla) pero se equivocan en conservación (sin pantalla); los no-conservadores se basan en factores perceptuales mientras que los conservadores se basan en las representaciones simbólicas.

Nair (1963, citado por Bruner, 1964) aportó un ejemplo sobre la importancia de los conceptos de identidad y equivalencia en la conservación. Primero se hizo a los niños una prueba previa estándar de conservación de cantidad que implicaba verter agua de un vaso a otro. Luego, para comprobar los conceptos de identidad y equivalencia, añadió un pequeño pato de juguete que flotaba en el agua; dijo que el pato se iba a un nuevo lago y se llevaba el agua con él a medida que vertía el agua desde un vaso alto y angosto hacia un vaso bajo y ancho. Preguntó a los niños si el pato ahora tenía la misma agua (identidad) y si tenía la misma cantidad de agua (equivalencia). Todos los niños que habían conservado en la prueba previa respondieron correctamente la pregunta sobre identidad; además, el hecho de recordar a los niños que el pato se llevaba su agua con él (identidad) ayudaba para la conservación, y recordarles que el nuevo lago debía de tener la misma agua (equivalencia) ayudaba todavía más.

Otro ejemplo del paso de lo visual o icónico al modo simbólico de representación lo dieron Olver y Hornsby (1966). Se preguntaba a niños que iban de 6 a 18 años cuáles eran las diferencias y semejanzas entre palabras (por ejemplo, melocotón, banana, patata, etc.) o entre dibujos (abeja, globos, aeroplanos). Los resultados indicaron que los sujetos más jóvenes tendían a basar sus juicios sobre rasgos perceptuales, como el color, la medida y la forma, y que decían, respecto de banana, melocotón y patata, «son curvos», mientras que los niños mayores tendían a clasificarlos por sus funciones y decían, en este caso, «son comestibles».

El gran salto: otras concepciones

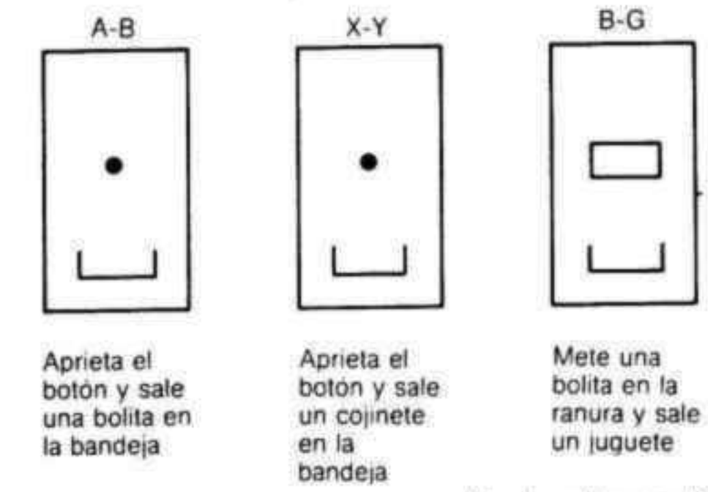
La teoría de Bruner da cuenta del «gran salto» en el proceso cognitivo que se produce entre los cinco y los siete años, en parte poniendo énfasis en el poder de incrementación que otorga el lenguaje, es decir, el paso de la representación icónica a la simbólica. Existen, sin embargo, otras fuentes de evidencia respecto de este gran salto desde el pensamiento preoperacional al operacional concreto, o de la representación icónica a la representación simbólica. Muchos teóricos, como Bruner, subrayaron el papel del lenguaje más que el concepto de reversibilidad de Piaget y otras operaciones mentales.

Por ejemplo, la sección introductoria de este capítulo explicó la existencia de un cambio fundamental en la forma en que se almacenan los conceptos, cambio que se produce alrededor de los seis años, de asociaciones heterogéneas de palabras a asociaciones homogéneas (Brown y Berko, 1960). Además, el trabajo de los Kendler, considerado en el capítulo 5, reveló que los cambios inversos eran más fáciles para los niños de más de seis años y que los no inversos eran más fáciles para los animales de laboratorio y niños menores de seis años. Los Kendler sugerían que un conjunto de símbolos internos como el lenguaje actúa como mediador para los niños verbales (por ejemplo, «escoge las largas») mientras que los niños pequeños realizan operaciones perceptuales únicas.

En otro experimento, Kendler y Kendler (1956, 1962) compararon niños de jardín de infancia y de tercer grado realizando inferencias, como se muestra en el cuadro 11-14. En primer lugar, se mostraba el panel A-B y se enseñaba a los niños que apretando un botón salía una bolita; luego se quitaba el panel A-B y se presentaba el panel X-Y, en el cual si se apretaba un botón (X), salía un cojinete de bolas (Y). Cuando se retiró el panel X-Y se presentó el panel B-G junto con un montón de bolitas y de cojinetes; si se metía una bolita en la ranura de B-G salía un juguete, pero si se metía un cojinete de bolas no salía nada. Después de aprender cómo funcionaba cada panel por separado, se presentó a los niños los tres paneles al mismo tiempo. El 6 por ciento de los niños menores y el 50 por ciento de los mayores dieron la respuesta correcta A-B, B-G. Aparentemente, la capacidad de mediar —ver la bolita como resultado de apretar un botón y como instrumento para obtener un juguete— se desarrolla con la edad.

Trabajando con imaginación eidética se obtiene otro tipo de evidencia, como se muestra en el cuadro 11-15 (Haber, 1969). Cuando se mostraba a los niños un dibujo y luego se les preguntaban detalles sobre el mismo, una vez que el dibujo había sido retirado, algunos eran capaces de «ver» en él hasta el más perfecto detalle y responder preguntas sobre ello. En un estudio en gran escala, cerca del 8 por ciento de niños de la escuela elemental poseían esta capacidad —llamada *imaginación eidética*— mientras que casi ningún adulto la tenía. Una explicación posible (Doob, 1964) es que nuestra sociedad requiere

Cuadro 11-14 Un problema de inferencia



Basado en KENDLER y KENDLER (1962)

que codifiquemos la información verbalmente y no visualmente y que la capacidad para leer y escribir aumenta mientras que decae la utilización de representación por imágenes.

SHELDON WHITE (1965) hizo una lista de cerca de 20 cambios que se producen entre las edades de cinco y siete años, incluyendo varios de los procesos mencionados anteriormente. Además, White observa cambios en las siguientes áreas:

Resistencia al condicionamiento clásico. La susceptibilidad al condicionamiento clásico —una forma muy simple de aprendizaje de respuestas— aumenta hasta la edad de seis años y decrece desde allí en adelante (RAZRAN, 1933; BRAUN y GEISELHART, 1959).

Trasposición alejada. Después de aprender una tarea de discriminación simple, como elegir el mayor de dos cuadrados, los niños mayores eran capaces de aplicar el principio a situaciones muy diferentes (cuadrados muchas veces mayores) mientras que los más pequeños no podían (REESE, 1962; WHITE, 1963).

Aprendizaje de discriminación. La mejoría en el aprendizaje de discriminación aumenta hasta los seis años y luego declina, tal vez porque los niños mayores desarrollan hipótesis más complejas (WEIR y STEVENSON, 1959; WHITE, 1963).

Desarrollo de la izquierda y derecha personales. Los niños son capaces de discriminar sus lados izquierdo y derecho alrededor de los seis años (PIAGET, 1926; BENTON, 1959). Puesto que muchos niños con problemas de lenguaje tienen también problemas para diferenciar su izquierda y su derecha, esto también puede estar vinculado al lenguaje.

Aparentemente, existe una gran diferencia en la forma en que piensan los niños preverbales y los niños mayores. La diferencia no sólo es cuantitativa, y el niño mayor es «más listo», sino que hay una diferencia cualitativa en la forma en que se produce el pensamiento. La razón de estas diferencias todavía no está bien comprendida; por ejemplo, no queda claro si el comienzo del lenguaje es la causa o el resultado de estos nuevos poderes cognitivos emergentes. Como observara WHITE (1965, pág. 216), «es seguro que este movimiento no se produce por un paso gigantesco, sino que todavía no se ha investigado la coincidencia o la secuencia de los pequeños pasos y es necesario hacerlo».

Modificaciones de la teoría de Piaget

Hasta ahora hemos visto que la teoría de Piaget es la teoría más abarcadora y general del desarrollo cognitivo. Sin embargo, incluso una teoría general tan potente como la de Piaget no debe considerarse como un monumento inmodificable de un gran científico. Por el contrario, es un cumplido hacia la teoría de Piaget que muchos investigadores trataran de comprobar y de modificar la teoría. Actualmente no hay ninguna teoría alternativa que iguale en gran escala a la teoría de Piaget; más bien, los investigadores han intentado cuidadosamente comprobar aspectos específicos de esta teoría para esclarecerla y, si fuera necesario, modificarla parcialmente.

En esta sección estudiaremos la investigación reciente, que difiere de la obra de Piaget en dos aspectos importantes: primero, el trabajo reciente intenta describir el desarrollo cognitivo utilizando modelos de procesamiento de información como la simulación por computadoras o modelos de procesos; segundo, el trabajo reciente se centra en una experimentación bien controlada y no en el método clínico de Piaget, de comprobar y observar informalmente a los niños. En cierto sentido, el trabajo actual intenta relanzar la psicología evolutiva cognitiva por medio del lenguaje y los métodos del moderno procesamiento de la información.

Para construir una teoría del desarrollo cognitivo que sea más consistente con el enfoque del procesamiento de información, CASE (1978a) propone dos modificaciones principales a la teoría de Piaget: estrategias y memoria operativa.

Piaget afirma que el desarrollo implica la adquisición de sistemas lógicos y matemáticos, incluyendo la idea de reversibilidad tratada antes en este capítulo. De modo que el desarrollo puede describirse en función de las propiedades formales de la lógica y las matemáticas. Trabajando sobre la obra de SIMON (1962) y de PASCAUL-LEONE (1970), Case propone que el desarrollo cog-

Cuadro 11-15 Imagineria eidética

En experimentos con sujetos eidéticos, HABER (1969) informó un ejemplo de un niño eidetico tipico de 10 años, que habia visto una versión en colores de la ilustración de *Alicia en el Pais de las Maravillas* que aqui mostramos: el dibujo le fue retirado y el niño trató de revisualizarlo sobre una superficie blanca frente a él. Lo que sigue es el diálogo entre el experimentador y el niño:

Experimentador: ¿Ves algo allí?
Sujeto: Veo el árbol, árbol gris con tres ramas. Veo el gato con rayas en la cola.
E.: ¿Puedes contar las rayas?
S.: Sí *(pausa)*. Son cerca de 16.
E.: ¿Qué cuentas, las blancas, las negras o ambas?
S.: Ambas.

nitivo implica la adquisición de modos de procesamiento de la información. Estos modos pueden describirse en función de modelos de simulación por computadora o de modelos de procesos. En el desarrollo, los modos simples se hacen automáticos con el uso y luego se convierten en modos más potentes.

En la teoría de Piaget, el nivel superior de desarrollo cognitivo se refleja en el nivel de «operatividad»: cuántas operaciones mentales puede utilizar el niño de manera integrada. En la teoría de Case, siguiendo el trabajo de PASCAUL-LEONE (1970), el nivel evolutivo se refleja en el nivel de la memoria operativa del niño: cuántas piezas de información puede guardar el niño en la memoria activa a la vez. Los niveles más altos de desarrollo requieren que se conserve más información en la memoria operativa.

E.: Dime qué más puedes ver.
S.: Y puedo ver las flores al pie. Hay cerca de tres tallos, pero pueden verse dos pares de flores. Una, a la derecha, tiene hojas verdes, flor roja abajo con amarillo arriba. Y puedo ver la niña con el vestido verde. Tiene pelo rubio y una cinta roja y también hay algunas hojas en el rincón superior derecho donde está el árbol.
E.: ¿Puedes hablarme de las raíces del árbol?
S.: Bueno, hay dos que vienen hacia aquí *(señala)* y una que corta hacia el lado izquierdo de la figura.
E.: ¿Qué hace el gato con sus patas delanteras?
S.: Bueno, una la extiende y la otra la apoya en el árbol.
E.: ¿De qué color es el cielo?
S.: No lo sé.
E.: ¿No puedes decir nada?
S.: No. Sin embargo, puedo ver el suelo amarillento.
E.: Dime si alguna de las partes se borra o cambia mientras te estoy hablando. ¿De qué color es el vestido de la niña?
S.: Verde, con algo blanco en él.
E.: ¿Y sus piernas y pies?

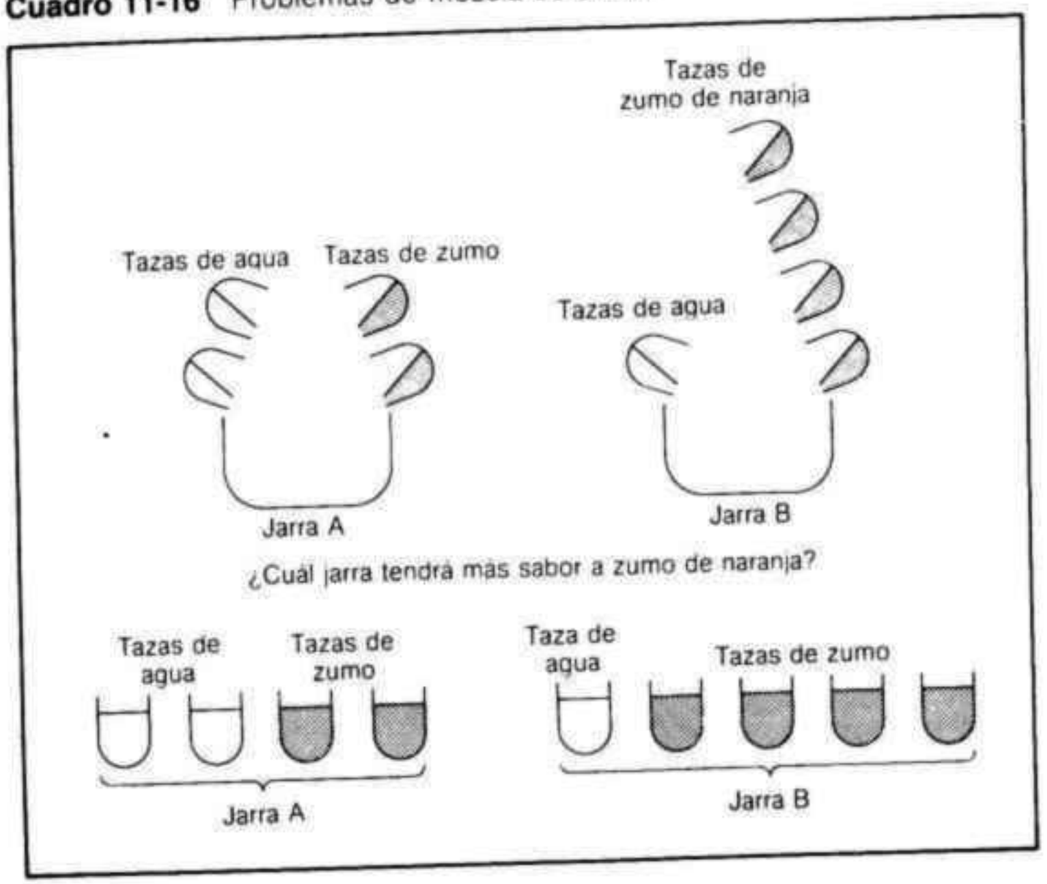
(El sujeto se aparta del bastidor y luego vuelve.)

E.: ¿Se ha ido la imagen?
S.: Sí, excepto el árbol.
E.: Dime cuándo se va.
S.: *(pausa)* Ya se fue.

De HABER (1969), Imágenes eidéticas. © 1969, Scientific American, Inc. Reservados todos los derechos. Ilustración de *Alicia en el País de las Maravillas*, de Lewis Carrol, ilustrado por Marjorie Torrey. © 1955 Random House, Inc. Reproducido con permiso del editor.

Como ejemplo del papel de los modos y la capacidad de la memoria operativa, Case cita un estudio realizado por Noelting, en el cual se les muestra a los niños dos jarras vacías. Luego, el experimentador explica que verterá unas tazas de agua y unas tazas de zumo de naranja en cada jarra. El trabajo de los niños consiste en decir qué jarra tendrá más sabor a zumo de naranja. Por ejemplo, supongamos que el experimentador dice que verterá dos tazas de agua y dos tazas de zumo de naranja en la jarra A y que verterá 1 taza de agua y cuatro de zumo de naranjas en la jarra B. ¿Qué jarra tendrá más sabor a zumo de naranja? En este caso la respuesta es la jarra B. La parte superior del cuadro 11-16 resume el procedimiento de este problema de mezclas.

Cuadro 11-16 Problemas de mezcla de zumo



El cuadro 11-17 muestra cuatro tipos de problemas de proporción de jugo:

1. En el tipo 1 de problemas, una jarra tiene algo de jugo y la otra no.
2. En el tipo 2, una jarra recibe más tazas de zumo que la otra y el número de tazas de agua no es importante.
3. En los problemas de tipo 3, una jarra tiene un exceso de tazas de zumo por encima de las de agua mientras que la otra jarra no.
4. En los problemas tipo 4, ambas (o ninguna) jarras tienen un exceso de zumo sobre las tazas de agua, pero una tiene un exceso mayor; la proporción específica no es relevante.

En los experimentos de Noelting se pide a un grupo de niños, de entre 3 y 10 años, que resuelvan problemas del zumo de estos cuatro tipos. Los resultados del experimento revelaron que había cuatro modos básicos (véase cuadro 11-18) y los niños menores utilizaban las más simples, mientras que los mayores utilizaban las más complejas.

Cuadro 11-17 Cuatro tipos de problemas de mezcla de zumo

Problema tipo	Ejemplo	Nombre de la estrategia	N. de pasos de la estrategia	Memoria requerida por la estrategia
1		1. Centracion aislada	2	1
2		2. Comparación unidimensional	3	2
3		3. Comparación bidimensional	7	3
4		4. Comparación bidimensional con cuantificación	7	4

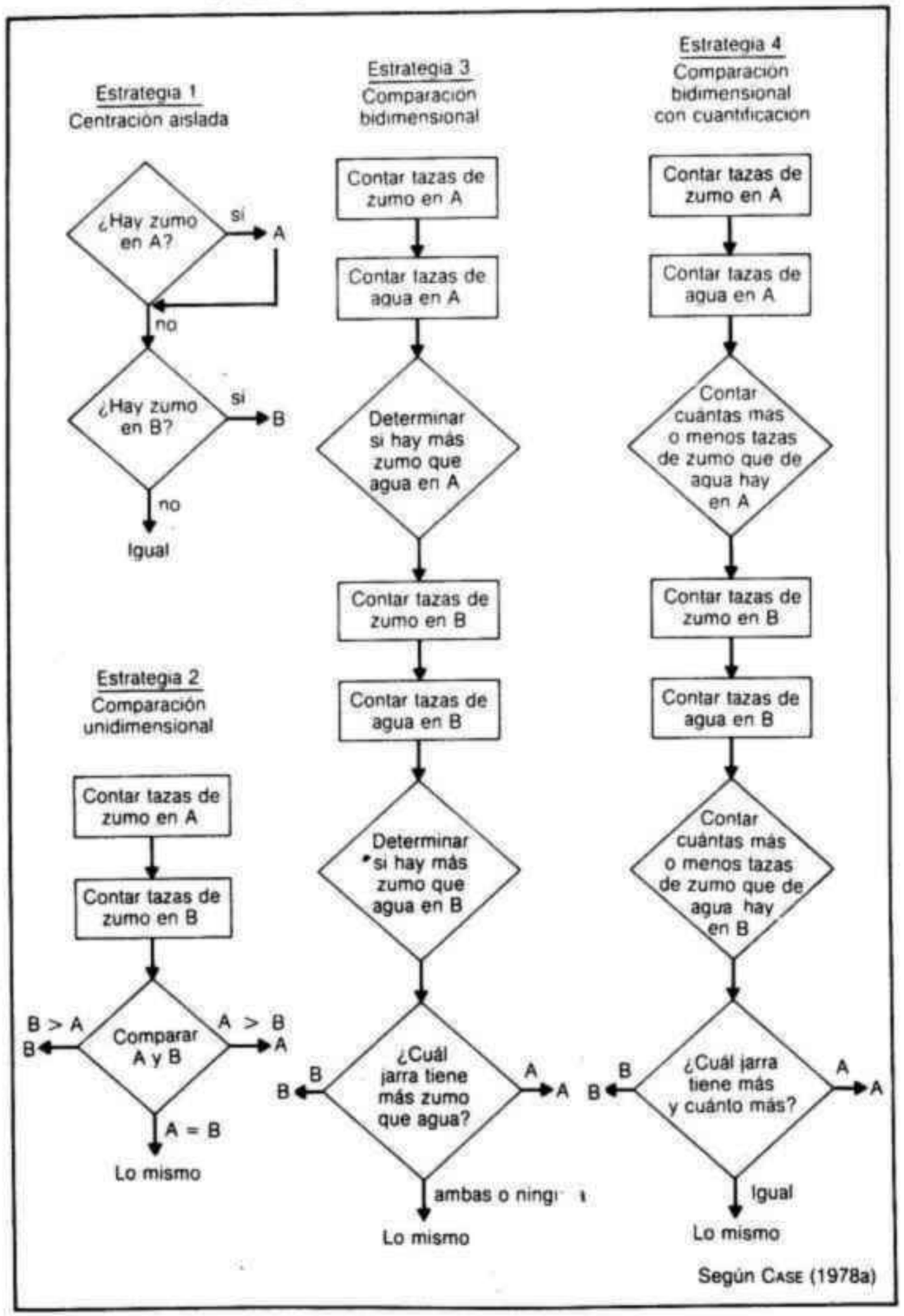
Según Case (1978a)

Modo 1: Centración aislada (entre tres y cuatro años y medio). El modo más simple consiste en basar la decisión sobre si se verterá o no zumo de naranja en una jarra: si la jarra contiene zumo, entonces sabrá a zumo. Como puede observar el lector, este modo sólo genera respuestas correctas cuando una de las jarras tiene zumo y la otra no. Si ambas jarras contienen zumo, los niños no tienen el modo de determinar cuál es más concentrado. Los niños que utilizan el modo 1 (los de tres a cuatro años y medio) sólo contestan correctamente los problemas del tipo 1. Según Case, este modo requiere dos pasos y sólo un ítem conservado en la memoria operativa (por ejemplo, si hay o no zumo en la jarra A).

Modo 2: Comparación unidimensional (edades entre cuatro años y medio y seis). Los niños apenas un poco mayores utilizan un modo más sofisticado, que consiste en contar el número de tazas de zumo en cada jarra. Este modo genera respuestas correctas sólo cuando un lado tiene más tazas de zumo pero agua proporcionalmente igual o menor, es decir, tipos 1 y 2. Según Case, este estudio requiere tres pasos y exige que se mantengan simultáneamente en la memoria operativa un máximo de dos ítems (el número de tazas de zumo en la jarra A y de tazas de zumo de la jarra B).

Modo 3: Comparación bidimensional. Niños de siete y ocho años observan el número de tazas de zumo y el número de tazas de agua que van en cada jarra. En este caso, se escoge el lado que tiene más zumo que agua. Como

Cuadro 11-18 Cuatro estrategias para resolver problemas de mezcla de zumo



Según Case (1978a)

el lector puede ver, este modo fracasa cuando ambas jarras tienen más tazas de zumo que de agua, menos tazas de zumo que de agua o cuando en ambos lados las diferencias entre zumo y agua son iguales. De modo que con este modo pueden resolverse problemas de los tipos 1, 2 y 3. Este modo implica siete pasos y una carga máxima de memoria de tres ítems (exceso de tazas de zumo sobre las de agua en la jarra A, número de tazas de zumo en la jarra B, y número de tazas de agua en la jarra B).

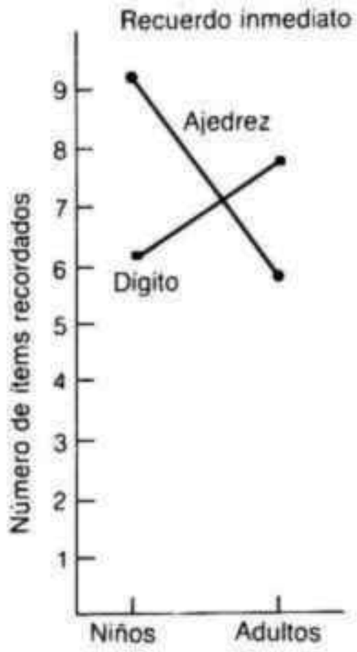
Modo 4: Comparación bidimensional con cuantificación. El modo más sofisticado, observado en los niños mayores, de 9 a 10 años, implicaba observar la diferencia exacta entre el número de tazas de zumo y agua en cada jarra. En este caso, se resta el número de tazas de agua del de tazas de zumo en cada jarra y luego simplemente se escoge la jarra que contiene más tazas de zumo. Este modo tiene éxito en los cuatro tipos de problemas del cuadro 11-17, pero fracasa en los problemas en que debe tenerse en cuenta la proporción. Case muestra que este modo necesita siete pasos y un máximo de cuatro ítems en la memoria operativa simultáneamente.

En la revisión que hace Case de la teoría de Piaget, el nivel del modo del niño depende de la cantidad de energía de atención disponible en la memoria operativa, lo que Pascaul-Leone llama «espacio-M» (Case, 1974). A principios del desarrollo, incluso un modo simple requiere mucha energía de atención puesto que cada paso debe ser supervisado. De modo que un niño no tiene energía de atención disponible para mantener muchos ítems en la memoria operativa. Sin embargo, una vez que un modo se ha vuelto automático, a través de la práctica, ya no requiere tanta atención. Entonces habrá más energía de atención para mantener más ítems en la memoria operativa, de modo que el niño puede avanzar hacia un modo más complejo, y así sucesivamente. Los modos cada vez más sofisticados se desarrollan porque los modos simples se vuelven automáticos, dejando espacio libre en la memoria operativa para utilizar en la supervisión de modos más complejos.

Las modificaciones de Case a la teoría de Piaget se basan fundamentalmente en la idea de que el crecimiento cognitivo está restringido por limitaciones en la capacidad de la memoria operativa. Un problema importante reside en si la capacidad de la memoria operativa aumenta con la edad o bien si esta capacidad permanece constante mientras que las técnicas para utilizarla efectivamente son las que aumentan con la edad.

La prueba típica de la capacidad de retención en la memoria operativa es un test de amplitud de memoria. Por ejemplo, en un test de amplitud para dígitos, se lee una lista de dígitos, y el sujeto debe recitarlos en orden. La amplitud para dígitos de un niño se mide en relación con la hilera más larga de dígitos que el niño puede recordar sin error. En general, la amplitud para dígitos aumenta con la edad, desde cerca de cuatro ítems que pueden recordar los niños de cinco años hasta ocho que recuerdan los adultos (Chi, 1976, 1978). ¿Implica este incremento en el número de dígitos que pueden recordarse que

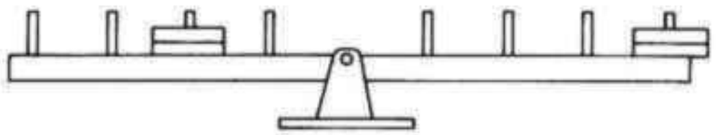
Cuadro 11-19 Rendimiento de memoria de niños y adultos



De Chi (1978)

la capacidad de retención de la memoria aumenta con la edad? Para poder responder a esta pregunta, Chi (1978) pasó tests de recuerdo de dígitos y tests de recuerdo de piezas de ajedrez a un grupo de niños que sabían jugar al ajedrez y a un grupo de adultos que no sabían. La edad promedio de los niños era de diez años y medio. La prueba de recuerdo de dígitos consistía en pedir a los sujetos que recordaran listas de diez dígitos. Los resultados fueron semejantes a los descritos anteriormente: los adultos recordaban más dígitos que los niños. En la prueba de las piezas de ajedrez, se mostraba durante 10 segundos un tablero de ajedrez con varias piezas de una verdadera partida y el sujeto tenía que reconstruir este tablero de memoria; en esta prueba, los niños superaron a los adultos. El cuadro 11-19 resume los resultados de la prueba de dígitos y del ajedrez. Estos resultados arrojan serias dudas acerca de que el tamaño de la memoria aumenta con la edad. En cambio, el trabajo de Chi sugiere una explicación alternativa de los incrementos observados en el rendimiento de la memoria de dígitos con la edad: los sujetos de más edad tienen más conocimiento y experiencia en las técnicas de agrupar ítems. Para un adulto, un conjunto de dos o tres números puede retenerse como una unidad; para un jugador de ajedrez, una configuración de varias piezas puede ser retenida

Cuadro 11-20 El problema del brazo de balanza



¿Cuál lado bajará?

De Siegler (1978)

en la memoria como una unidad. Estos resultados sugieren que el incremento de la amplitud de memoria se debe a la experiencia en agrupar ítems.

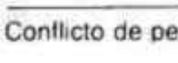
Al igual que Case, Siegler (1976, 1978) ha sugerido que el desarrollo cognitivo debe ser considerado como la adquisición de modos cada vez más sofisticados. En particular, Siegler mostró que el rendimiento en las tareas de Piaget puede ser descrito en función de los cambios en los modos de procesamiento de información utilizados por los niños.

Por ejemplo, el cuadro 11-20 muestra la versión de Siegler del problema de la balanza, utilizado originalmente por Inhelder y Piaget (1958) para estudiar el desarrollo del razonamiento científico en operaciones formales. En este problema, se muestra al niño un brazo de balanza con clavijas a espacios iguales a cada lado del fiel. Luego se van colocando pesos en cada lado del fiel, y se sostiene la balanza. El niño debe predecir qué lado del brazo irá para abajo.

Siegler utilizó seis tipos de problemas de brazo de balanza, como se muestra en el cuadro 11-21:

1. En los *problemas de equilibrio*, se coloca la misma configuración de pesos en ambos lados; el brazo queda equilibrado.
2. En los *problemas de peso*, se ponen más pesos de un lado que del otro, y la distancia entre los pesos y el fiel es igual a ambos lados.
3. En los *problemas de distancia*, se coloca a ambos lados un número igual de pesos, pero de un lado se colocan más cerca del fiel.
4. En los *problemas de conflicto de pesos*, un lado tiene más pesos que el otro pero éste tiene los pesos colocados más cerca del fiel; sin embargo, el brazo con los pesos más alejados es el que baja.
5. En los *problemas de conflicto de distancias*, un lado tiene más pesos pero el otro lado tiene los pesos colocados más lejos del fiel; sin embargo, el lado con los pesos más distantes es el que baja.
6. En los *problemas de conflicto de equilibrio*, un lado tiene más pesos y el otro lado tiene los pesos colocados más cerca del fiel. El brazo queda equilibrado.

Cuadro 11-21 Seis tipos de problemas de brazo de balanza

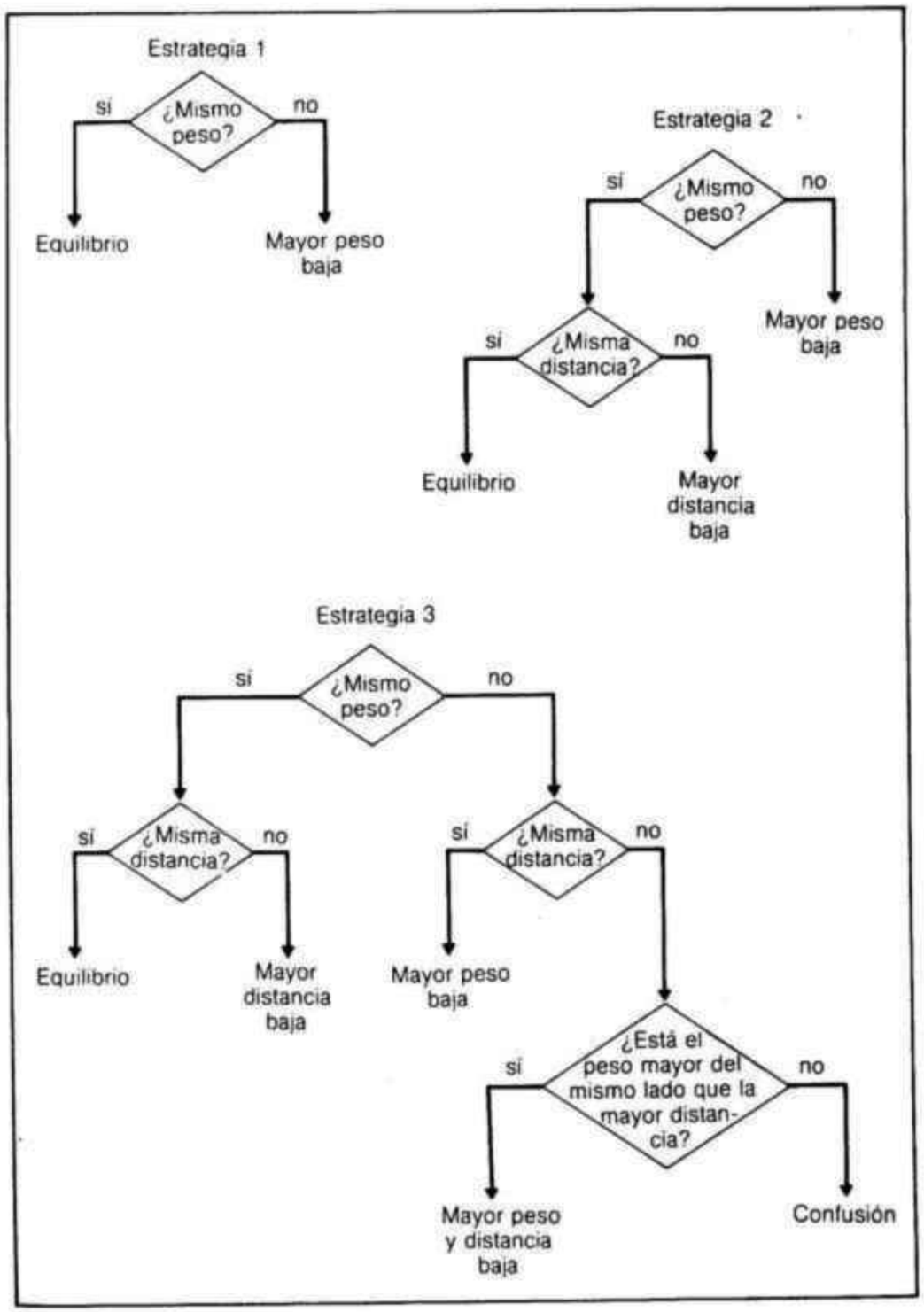
	Estrategia			
Tipo de problema	1	2	3	4
Equilibrio	100	100	100	100
Peso	100	100	100	100
Distancia	0 (Debería decir «Equilibrio»)	100	100	100
Conflicto de pesos 	100	100	33 (Posibilidad de responder)	100
Conflicto de distancias	0 (Debería decir «Derecho abajo»)	0 (Debería decir «Derecho abajo»)	33 (Posibilidad de responder)	100
Conflicto de equilibrio	0 (Debería decir «Derecho abajo»)	0 (Debería decir «Derecho abajo»)	33 (Posibilidad de responder)	100

De Siegler (1978)

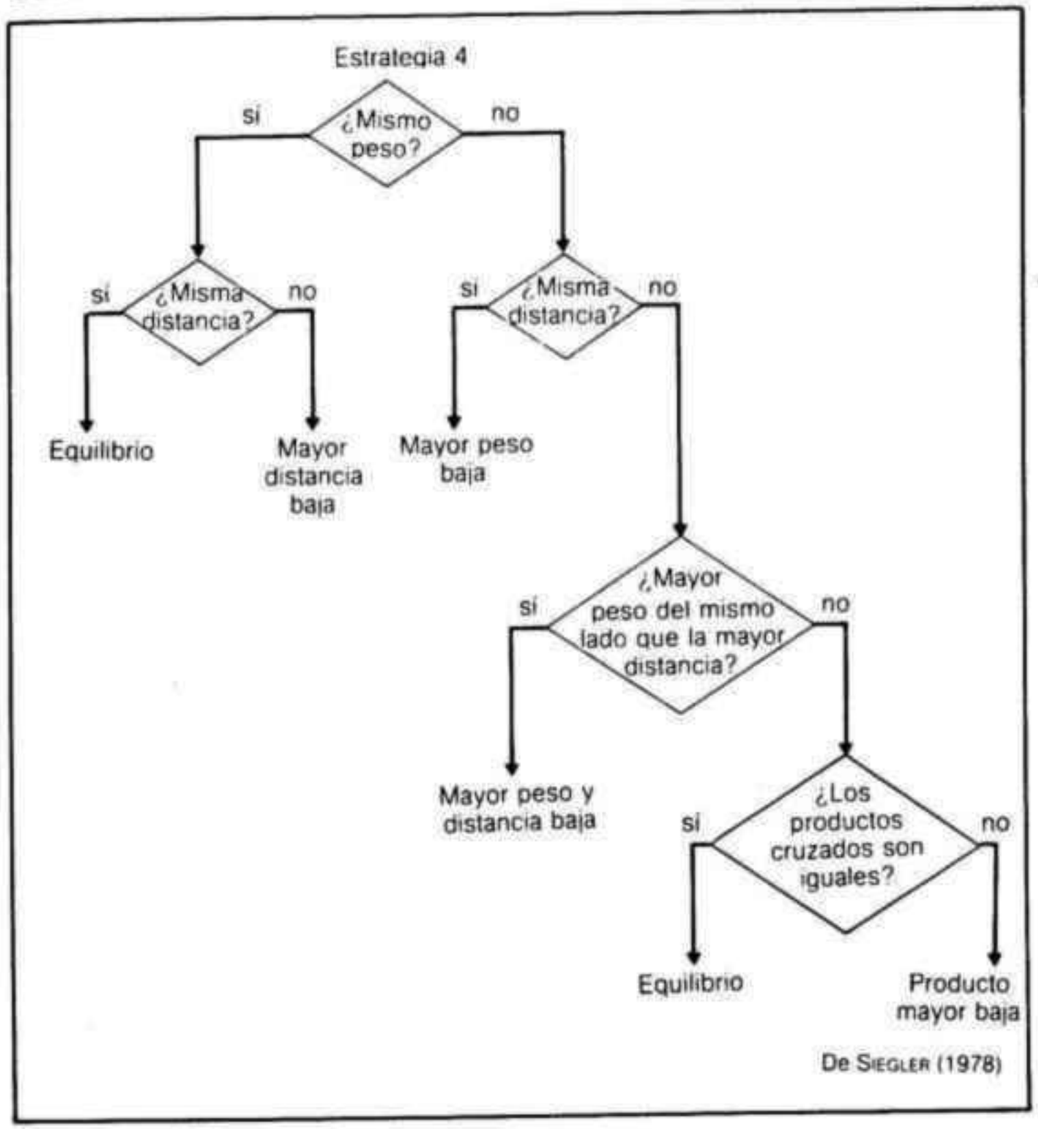
Si el lector tuviera que resolver los problemas de la balanza, ¿cómo lo haría? Según Siegler (1978) pueden describirse cuatro modos básicos y representarse como gráficos de flujo. Estos cuatro modos se resumen en el cuadro 11-22.

Modo 1: una decisión. El modelo más simple implica advertir sólo si un lado tiene más pesos que el otro; si ambos lados tienen igual número de

Cuadro 11-22 Cuatro estrategias para resolver problemas de brazo de balanza



Cuadro 11-22 Continuación



De Siegler (1978)

pesos, entonces se dice que la balanza está equilibrada; si un lado tiene más pesos, entonces se dice que ese brazo es el que bajará. Este modo sólo requiere una decisión y genera respuestas correctas en problemas de equilibrio, peso y conflicto de peso.

Modo 2: dos decisiones. El siguiente modo contiene la misma decisión que el modo 1, pero añade una segunda decisión respecto de si los pesos están o no colocados a igual distancia del fiel. Si un lado tiene más pesos que el otro, entonces decimos que ése bajará (lo mismo que en el modo 1). Si ambos lados tienen el mismo número de pesos, entonces se comprueba a qué distancia

están del eje. Decimos que el lado en que los pesos están a mayor distancia del fiel bajará. Este modo implica dos decisiones y genera respuestas correctas para equilibrio, peso, distancia y problemas de conflicto de pesos.

Modo 3: tres decisiones. Este modo incorpora las dos decisiones del modo 2 —observar la distribución y la distancia de los pesos— y una tercera decisión más. Si ambos lados son iguales, se equilibrarán. Si un lado tiene más peso pero en ambos lados a igual distancia, entonces bajará el lado con más peso. Si ambos lados tienen el mismo peso, pero uno está a mayor distancia, el lado con mayor distancia bajará. Sin embargo, cuando un lado tiene más peso y el otro mayor distancia hay que adivinar. Este modo genera respuestas correctas para problemas de equilibrio, peso y distancia, y modifica las respuestas de nivel para los otros problemas.

Modo 4: cuatro decisiones. El cuarto modo se construye sobre el modo 3, e incluye una decisión respecto de los productos cruzados (peso × distancia). Así, cuando un lado tiene más peso y el otro más distancia, la respuesta se determina obteniendo el producto cruzado de cada lado: este modo comprende cuatro decisiones y genera respuestas correctas para todos los problemas.

En un experimento típico, Siegler (1976, 1978) presentó a niños de entre 7 a 17 años problemas como los que aparecen en el cuadro 11-21. Los errores generados por cada niño eran comparados con un patrón de errores predicho para cada uno de los cuatro modos. Casi todos los niños podían encajar fácilmente en alguno de los cuatro grupos de modos, es decir, el rendimiento de un niño dado concordaba por lo general perfectamente con lo predicho por alguno de los modos. También había un modelo en el cual los niños mayores preferían modos más sofisticados mientras que los niños menores usaban los modos simples. Estos resultados son comparables a los que describe Case, en que los cambios evolutivos en el rendimiento pueden describirse en función de modos más complejos para procesar la información.

Un estudio realizado por Klahr (Klahr, 1978; Klahr y Wallace, 1976) aclara la idea de que el desarrollo implica la utilización de modos más sofisticados. En las teorías de procesamiento de información sobre la resolución de problemas, la planificación —como el análisis de «medios y fines»— es un modo importante para resolver problemas de «mover». En el análisis medios-fines, quien resuelve el problema establece subobjetivos cada vez que un objetivo deseado no puede ser realizado directamente. Por ejemplo, Klahr (1978, págs. 181-182) presenta el ejemplo siguiente sobre la utilización de los subobjetivos por los niños:

Escena: Billy y su papá están en el jardín. Un compañero de Billy aparece en bicicleta.

> Billy: «Papá, ¿podrías abrir la puerta del sótano?»
> Padre: «¿Para qué?»

Billy: «Porque quiero salir en bicicleta.»
Padre: «Tu bicicleta está en el garaje.»
Billy: «Pero mis calcetines están en el secadero.»

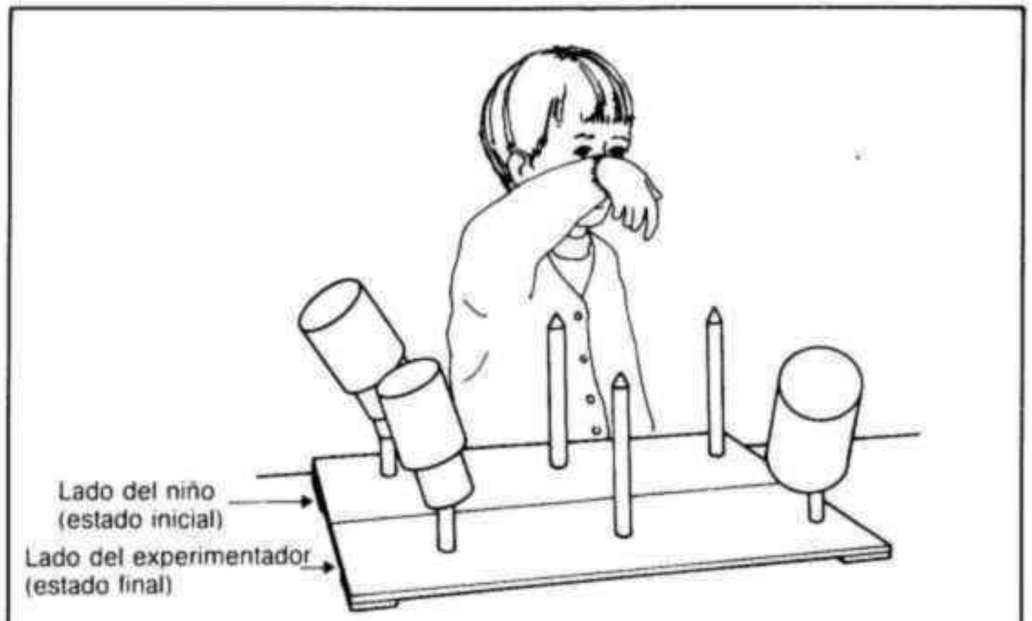
En este caso, el objetivo principal de Billy es salir en bicicleta. Sin embargo, este objetivo no puede ser alcanzado directamente puesto que necesita llevar zapatos (subobjetivo 1). Sin embargo, no puede alcanzar directamente el objetivo de ponerse los zapatos porque necesita ponerse sus calcetines (subobjetivo 2). Una vez más, no puede alcanzar directamente su objetivo porque sus calcetines están en el secadero (subobjetivo 3). No puede entrar al secadero directamente porque la puerta del sótano que lleva al secadero está con llave (subobjetivo 4). Tampoco puede abrir directamente la puerta porque papá tiene las llaves de todo (subobjetivo 5). Por eso Billy determina que debe pedir a su padre que abra la puerta del sótano. Una vez que este objetivo se alcanza, los demás pueden ejecutarse a su vez. De este modo Billy ha demostrado que puede «plantear subobjetivos», es decir, establecer una cadena o sucesión de subobjetivos que conducen a la consecución del objetivo principal cuando éste no puede lograrse directamente.

De manera similar, KLAHR (1978) pidió a algunos niños que resolvieran unas versiones del problema de la torre de Hanoi o de los discos. Para atraer a los niños, Klahr inventó el problema de las latas-mono que se ve en el cuadro 11-23. En este problema se dice a los niños que las latas son monos y que las clavijas son árboles. La lata grande es el papá, la del medio es la mamá y la pequeña es el bebé. Los monos pueden saltar de un árbol a otro (de clavija a clavija) pero nunca se puede poner una lata más pequeña encima de una más grande. Del lado del experimentador se prepara una configuración de los elementos. La tarea del niño es mover los monos para que logren la misma configuración que la del lado del experimentador.

Klahr presentó este problema a niños que iban de los tres a los cinco años. Los niños más pequeños sólo fueron capaces de resolver problemas muy breves que no requieren el establecimiento de objetivos. Por ejemplo, un problema simple comienza con una lata en cada clavija y termina con todas metidas en una misma clavija. Los niños mayores fueron capaces de resolver problemas más largos que requerían el establecimiento de una cantidad moderada de objetivos. Klahr creó modelos de simulación por computadora en seis niveles de sofisticación para descubrir los diferentes niveles de rendimiento entre los niños.

El trabajo de Case, Siegler y Klahr nos da ejemplos de cómo el enfoque del procesamiento de información puede ser aplicado para describir el desarrollo cognitivo. Como el lector puede ver, una modificación persistente de la teoría de Piaget es que el progreso evolutivo puede describirse como la adquisición de modos cada vez más sofisticados.

Cuadro 11-23 El problema de las latas-monos



Adaptado de KLAHR (1978)

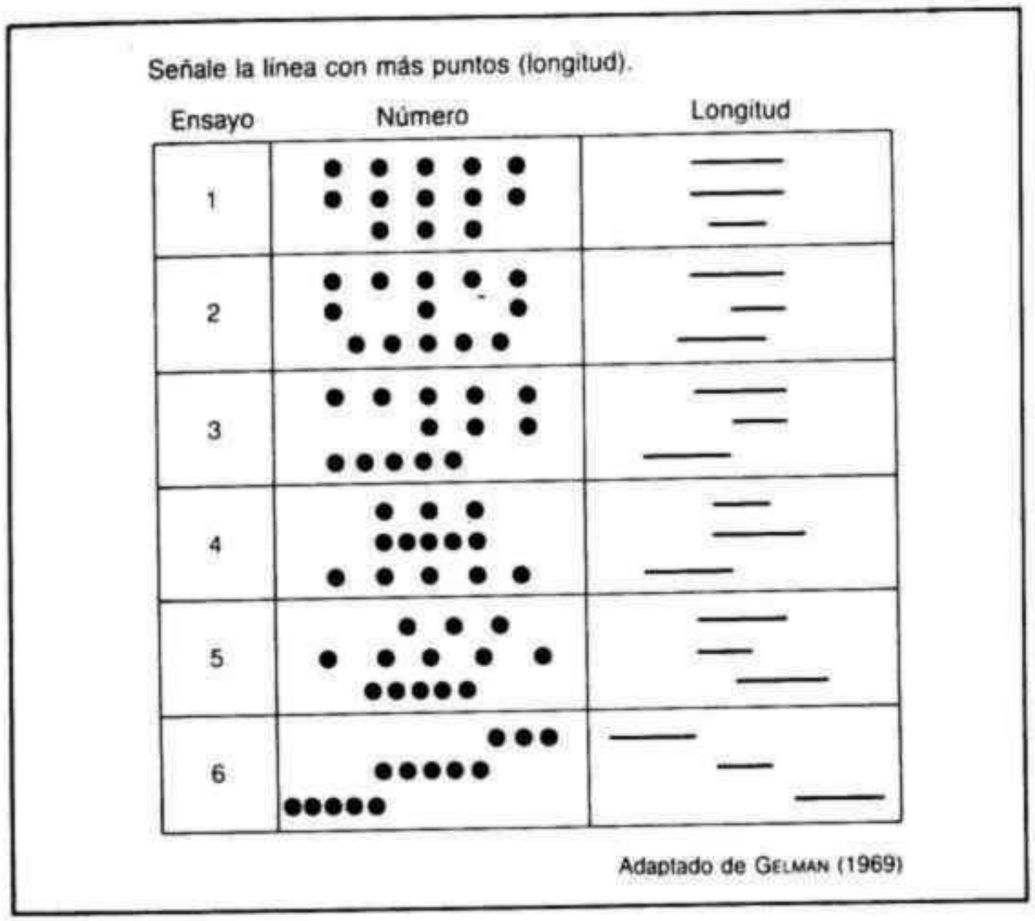
¿Puede enseñarse el desarrollo cognitivo?

Una de las mayores contribuciones de Piaget es su planteo de una serie de estadios a través de los cuales los seres humanos avanzan en un orden fijo. Si bien el orden es fijo, la tasa de desarrollo no lo es en la teoría de Piaget. De modo que muchos trabajos se dedicaron a investigar si el nivel de desarrollo podía acelerarse, es decir, si es posible enseñar a los niños que están en un estadio a que pasen al siguiente.

Entrenamiento para la conservación

Durante los últimos 20 años se han hecho cientos de estudios sobre el entrenamiento para la conservación (MURRAY, 1978; BEILIN, 1971; BRAINERD, 1974; GLASER y RESNICK, 1972; GOLDSCHMIDT, 1971; KUHN, 1974; STRAUSS, 1972). Los estudios sobre entrenamiento para la conservación comienzan con niños que no conservan según el estándar de las tareas de conservación piagetianas. Reciben entrenamiento sobre cómo actuar y por último se verifica si han aprendido a conservar. Si bien diferentes investigadores utilizaron diversas técnicas de enseñanza, actualmente «no queda ninguna duda de que la conservación puede enseñarse» (MURRAY, 1978, pág. 421). Sin embargo,

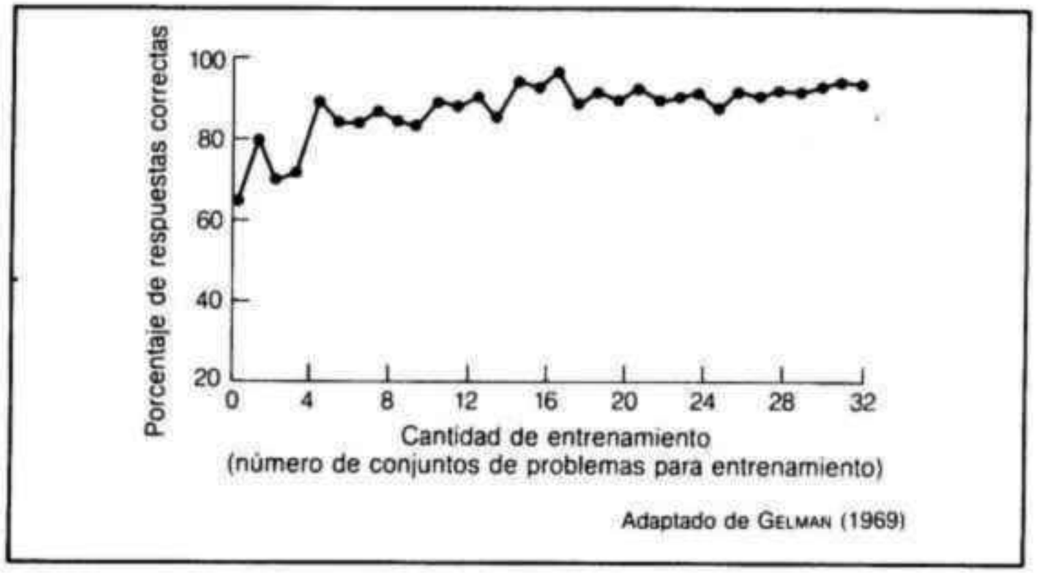
Cuadro 11-24 Procedimiento de entrenamiento para conservación de número y de longitud



existen otros tantos casos en los cuales el entrenamiento no ha dado resultado. Por ejemplo, Murray señala que el entrenamiento es más eficaz en niños que están ya cercanos al comportamiento deseado. Además, este entrenamiento es más efectivo cuando implica interacciones sociales —como por ejemplo que los niños que no conservan lleguen a un consenso grupal con los que conservan— y la representación de roles y la imitación: en donde un no conservador debe tratar de actuar como un conservador.

Como ejemplo, veamos un estudio muy importante sobre entrenamiento para la conservación realizado por Gelman (1969; también tratado en Gelman y Gallistel, 1978). En este estudio se enseñó a los niños la conservación de número y la conservación de longitud, ya consideradas en este capítulo. Los sujetos practican con 32 conjuntos de problemas, cada conjunto formado por 6 problemas. El cuadro 11-24 muestra un conjunto típico de problemas para conservación de número y uno para conservación de longitud. En cada problema se muestra al niño tres conjuntos de puntos (o tres líneas) y se le pide que señale cuál es diferente. En el primer problema y en el último problema de cada conjunto, los puntos o líneas están ordenados para inducir una respuesta correcta. Sin embargo, en los problemas 2 al 5, el niño debe aprender a superar rasgos irrelevantes del ordenamiento como la ubicación de los puntos (o líneas). Los niños pueden repetir cada ensayo. Según Gelman, la formación está dirigida a centrar la atención del sujeto sobre los aspectos relevantes del ordenamiento y apartarla de los aspectos irrelevantes. El cuadro 11-25 muestra los resultados de un grupo de sujetos entrenados. Como puede ver el lector, al comienzo los niños cometen muchos errores; sin embargo, después de 16 conjuntos de problemas, la tasa de rendimiento llega al 100 por ciento.

Cuadro 11-25 Porcentaje de corrección en tareas de conservación con cantidades variables de entrenamiento



Siegler (1978) pudo influir sobre el rendimiento en la resolución de problemas de niños en la tarea de la balanza de brazo descrita anteriormente por medio de entrenamiento. Utilizó dos tipos de entrenamiento: *feed-back* y codificación. En el entrenamiento por *feed-back* se daba a los niños un *feed-back* sistemático respecto de sus predicciones acerca de qué lado de la balanza bajaría. En el entrenamiento por codificación, los niños tenían que anotar el número de pesos y la configuración de pesos en cada lado para poder reproducir el número y la configuración exacta en otra balanza igual. Estas dos técnicas tendían a ayudar a los niños a aprender estrategias más sistemáticas, si bien la instrucción era más beneficiosa para los niños que ya estaban en transición.

Entrenamiento para el razonamiento lógico

Consideremos alguna otra de las tareas piagetianas. Por ejemplo, en una tarea de «inferencia transitiva», como el razonamiento lineal tratado anteriormente, el niño ve que un palito A es más alto que un palito B, y el palito B es más alto que el palito C. PIAGET (1952) observó que la mayoría de los niños de entre cuatro y seis años fracasan en los tests de inferencia transitiva, en preguntas como «¿Es A más alto que C?». La teoría de Piaget atribuye este fracaso a una carencia de las operaciones lógicas apropiadas.

Trabasso y sus colaboradores (BRYANT y TRABASSO, 1971; RILEY y TRABASSO, 1974; RILEY, 1976) ofrecen una modificación de la teoría de la inferencia transitiva de Piaget. En un estudio típico, Bryant y Trabasso utilizaron una serie de palitos de cinco colores rotulados A, B, C, D y E. A los niños en estudio, de cuatro a seis años, sólo se les mostraban pares adyacentes, tales como A y B. El niño aprendía cuál era el palito más largo del par. La prueba de inferencia transitiva implicaba el par B-D. Los niños que podían resolver correctamente el problema de inferencia (B>D) también tendían a recordar las premisas (B>C, C>D), mientras que los niños que no realizaban bien la tarea de inferencia tendían a olvidar una o más premisas. Por tanto, el fracaso en la realización de una tarea de inferencia puede ser el resultado de olvidar las premisas más que de una carencia de operaciones lógicas. Cuando las técnicas de entrenamiento eran utilizadas asegurando el recuerdo de las premisas, mejoraba la inferencia transitiva (RILEY, 1976; RILEY y TRABASSO, 1974). De manera similar, el rendimiento en los problemas de inclusión de clases puede mejorarse sistemáticamente enseñando cada paso del proceso de solución del problema (TRABASSO, ISEN, DOLECKI, MCLANAHAN, RILEY y TUCKER, 1978).

Entrenamiento para el aprendizaje

Un área relacionada que se ha investigado mucho trata de la capacidad de los niños para aprender una lista de memoria. En un estudio típico, se muestra a los niños una lista de dibujos de objetos y luego deben intentar recordarlos. Los niños pequeños de edad preescolar suelen ser incapaces de predecir hasta qué punto podrán realizar una tarea de memorización, mientras que los niños mayores son bastante más precisos (FLAVELL y WELLMAN, 1977). Además, los niños pequeños no tienden a utilizar modos de codificación, como organizar la lista en categorías taxonómicas o repetir la lista cuando los dibujos ya no están presentes (WORDEN, 1974; KAIL, 1979); los niños mayores, por el contrario, utilizan esos modos. BROWN y DELOACHE (1978) han realizado una revisión de los estudios sobre entrenamiento en los cuales se enseña a niños pequeños modos de organización y repetición. En general, este entrenamiento puede resultar efectivo en mejorar el rendimiento de memorización, es decir, que los niños de cuatro años pueden aprender como los de seis. Este entrenamiento apunta a lo que se llama habilidades de la «metamemoria»: el conocimiento de cómo aprender y cómo pensar.

Consecuencias de los estudios sobre entrenamiento

Aparentemente, el rendimiento de los niños en casi cualquier tipo de tareas puede mejorarse por medio del entrenamiento apropiado o cambiando el formato de la tarea. ¿Significa esto que la teoría de Piaget está equivocada al establecer que el desarrollo cognitivo implica una secuencia fija de estadios? ¿Acortan las técnicas de entrenamiento el proceso de desarrollo natural y privan a los niños de aprender cómo aprender por sí mismos? ¿Es posible mejorar el rendimiento en las tareas piagetianas, y si es así, significa que deberíamos hacerlo?

Las consecuencias de las investigaciones sobre el entrenamiento están lejos de ser claras. Sin embargo, casi todas las mejoras demostradas en los estudios sobre entrenamiento probablemente se hubieran producido si a los niños se les hubiera dado el tiempo normal para ello. Los estudios sobre entrenamiento aportan poca evidencia de que el nivel final de desarrollo como adulto puede influirse acelerando el proceso de desarrollo. En cuanto a la teoría de Piaget, los estudios sobre entrenamiento aportan algún apoyo; tienden a mostrar que los efectos son más fuertes en los niños que se encuentran en la frontera entre los dos estadios, y apoyan la idea de que el desarrollo cognitivo siempre está en un cambio continuo. Sin embargo, en cierto sentido los estudios de entrenamiento oscurecen el propósito original de la investigación de Piaget y de la investigación sobre el desarrollo en general. Como dicen GELMAN y GALLISTEL: «Se trata de buscar formas de comparar, así como de contrastar el niño preescolar con su hermano mayor» (1978, pág. 24).

Evaluación

El enfoque evolutivo de la cognición aporta una teoría única sobre el pensamiento humano y la única que se basa explícitamente en la idea de que los humanos son seres vivientes que tratan de sobrevivir y funcionar con éxito. Lo mismo que la teoría de procesamiento de información, influida por los avances en la tecnología de computación, la teoría del desarrollo cognitivo recibió gran influencia de las concepciones biológicas. Pero como la analogía biológica no es perfecta, las teorías sobre el pensamiento humano basadas en ellas son limitadas.

La teoría del desarrollo cognitivo, especialmente la obra de Piaget, recibió

críticas por diversos motivos. Muchas de las teorías de Piaget son tan vagas o ambiguas que no pueden ser verificadas. Algunas de sus ideas no pudieron ser confirmadas. Los «experimentos» de Piaget casi no pueden ser controlados, carecen de análisis estadístico y podrían ser desviados por las expectativas del experimentador o por la utilización del lenguaje. Además, los enfoques del desarrollo cognitivo como procesamiento de información desafían algunas de las ideas fundamentales de Piaget. Sin embargo, la concepción singular de los teóricos de la evolución cognitiva ofrece una fuente real de información que deberá asimilarse en última instancia dentro del área más amplia de la psicología del pensamiento.

Lecturas recomendadas

FLAVELL, J. F. *Cognitive development.* Englewood Cliffs. N.J.; Prentice-Hall, 1977. Un resumen de la teoría de Piaget y de otras relacionadas.

GINSBURG, H. y OPPER, S. *Piaget's theory of intellectual development.* Englewood Cliffs, N.J.; Prentice-Hall, 1969. Resumen e interpretación de la teoría de Piaget para el principiante.

KAIL, R. *The development of memory in children.* San Francisco, W. H. Freeman & Co., 1979. Resumen de la moderna investigación sobre el desarrollo del proceso cognitivo.

PHILLIPS, J. L. *The origins of intellect: Piaget's theory.* San Francisco, W. H. Freeman & Co.. 1975. Otro resumen e interpretación de la teoría de Piaget.

PIAGET, J. *Six psychological studies.* Nueva York, Random House, 1967. Recopilación de algunos artículos de Piaget, organizados y prologados por un psicólogo piagetiano americano, David Elkind.

SIEGLER, R. S. *Children's thinking: What develops.* Hillsdale, N.J. Erlbaum, 1978. Antología de las últimas publicaciones sobre el enfoque del desarrollo cognitivo como procesamiento de información.

12 Inteligencia: El pensamiento como capacidad mensurable

Inteligencia
Enfoque psicométrico
Teoría de los correlatos cognitivos
Teoría de los componentes cognitivos
Diferencias entre expertos y principiantes

La mayoría de las personas están familiarizadas con los tests de capacidad mental. Lo que puede sorprender al lector, en cambio, es que haya tantas clases diferentes de tests de capacidad mental. Por ejemplo, intente los problemas del cuadro 12-1.

Estos ítems pertenecen al *Kit of Factor-Referenced Cognitive Tests* (EKSTROM, FRENCH y HARMAN, 1976). Este conjunto de 72 tests está diseñado para medir 23 tipos de factores mentales. Estos tests han sido utilizados en la investigación desde que se creó el *Kit* en 1963. Actualmente hay cientos de estudios realizados con estos tests. ¿De dónde salieron estos tests y esos factores? Los creadores del *Kit* seleccionaron tipos de ítems de tests utilizados comúnmente y los utilizaron en grupos grandes de personas. Algunos tests parecían muy relacionados, es decir, que las personas que sacaban un puntaje alto (o bajo) en uno de ellos probablemente puntuaba alto (o bajo) en los otros. Los investigadores supusieron que los tests altamente relacionados medían el mismo factor. Por ejemplo, «flexibilidad de cierre» es un factor que se mide con tres tests del *Kit:* figuras escondidas (como en el cuadro 12-1), patrones escondidos y un test de copia. Los tests que corresponden a un factor están más relacionados entre sí que con los tests para otros factores. Por ejemplo, los tests para flexibilidad de cierre están más íntimamente relacionados entre sí que con los tests de razonamiento general o fluidez de palabra.

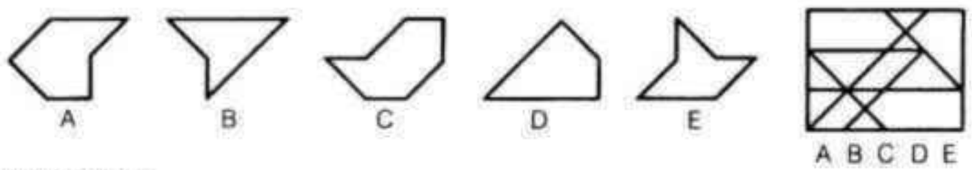
Por supuesto, los 72 tests del *Kit* no son los únicos disponibles. Existen

Cuadro 12-1 Algunos tests de capacidad mental

Flexibilidad de cierre (FC)

Definicion: La capacidad de retener en la mente una configuración o percepto visual dado para separarlo de otro material visual bien definido.

Ejemplo de «Test de figuras ocultas»: ¿Cual de las cinco figuras simples se encuentra (con el mismo tamano y orientación) en la figura más compleja?



Inducción (I)

Definición: Este factor identifica los tipos de capacidades de razonamiento implícitos en la formación y ensayo de hipótesis que se adaptan a una serie de datos.

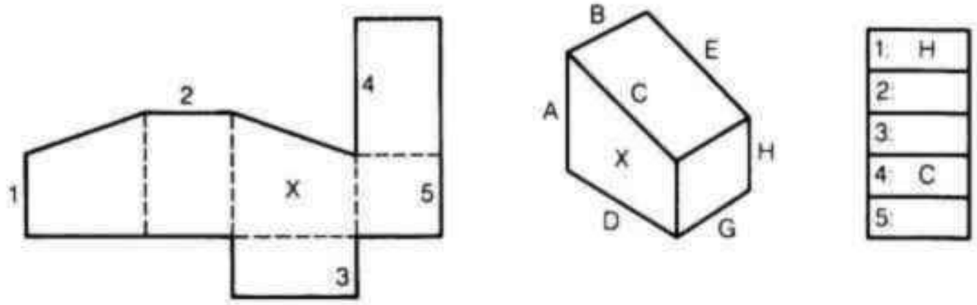
Ejemplo de «Test de conjuntos de letras»: Trazar una X sobre el conjunto de letras que es diferente.

1.	NOPQ	DEFL	ABCD	HIJK	UVWX
2.	NLIK	PLIK	QLIK	THIK	VLIK

Visualización (V)

Definición: La capacidad de manipular o transformar la imagen de modelos espaciales en otros ordenamientos.

Ejemplo de «Test de desarrollo de superficie»: ¿Cuál de los lados numerados del objeto corresponde a los lados numerados de la hoja? Los números 1 y 4 ya han sido señalados.



Razonamiento general (RG)

Definición: La capacidad de seleccionar y organizar información importante para la solución de un problema.

Ejemplo de «Test de aptitud aritmética»: Encierre en un círculo la mejor respuesta.

1. ¿Cuántos caramelos de menta puede comprar por 50 centavos a razón de 2 por cinco centavos?

a. 10 b. 20 c. 25 d. 100 e. 125

Cuadro 12-1 Continuación

Razonamiento lógico (RL)

Definicion: La capacidad de razonar desde las premisas a la conclusion, o de evaluar la correccion de una conclusion.

Ejemplo de «Test de silogismos sin sentido»: Si la conclusion extraida de las afirmaciones demuestra un buen razonamiento, marque con un circulo la letra G. Si la conclusión demuestra un razonamiento pobre, marque la letra P.

1. Algunas piscinas son montanas. Todas las montanas aman a los gatos. Por lo tanto, todas las piscinas aman a los gatos. G P

2. Todas las piscinas son montanas. Todas las montanas aman a los gatos. Por lo tanto, todas las piscinas aman a los gatos. G P

Con ejemplos de 5 de 23 factores, todos los items son seleccionados del *Kit of Factor-Referenced Cognitive Tests* (Ekstrom, French y Harman, 1976).

Respuestas:
Flexibilidad de cierre: D Induccion: DEFL, THIK Visualizacion: 1-H, 2-B, 3-G, 4-C, 5-H
Razonamiento general: B Razonamiento logico: P, G

Del *Manual for Kit of Factor-Referenced Cognitive Tests*, R. B. Ekstrom, J. W. French y H. H. Harman, © 1976 Educational Testing Service. Todos los derechos reservados. Reproducido con permiso.

cientos de tests mentales (Buros, 1978). No todos los psicólogos concuerdan respecto de la existencia de exactamente 23 factores mentales. Como verá el lector en la sección siguiente de este mismo capítulo, algunos psicólogos han propuesto la existencia de hasta 120 factores diferentes. Sin embargo, este *Kit* es una introducción útil a la medición de la capacidad mental porque contiene ejemplos representativos de los ítems principales. Un típico test de inteligencia contiene un surtido de varios de los tipos de ítems semejantes a los del *Kit*. Se presenta una variedad porque se supone que los tests de inteligencia miden la capacidad mental general, es decir, la capacidad de realizar un amplio espectro de tareas cognitivas.

El desafío al que se enfrentan los psicólogos cognitivos es determinar qué es lo que miden estos tests. Otros capítulos estudian trabajos sobre la inducción y el razonamiento lógico, así como tests de creatividad (incluyendo flexibilidd del uso, fluidez de ideas y fluidez de palabras) y la resolución de problemas matemáticos (como el número y el razonamiento general). En este capítulo consideraremos la idea de que las personas pueden diferenciarse en diversas formas e investigaremos las técnicas para describir estas diferencias en la capacidad mental.

• • •

Inteligencia

Para comenzar sería útil definir qué quiere decir *inteligencia* o capacidad mental. Es lamentable, pero respecto de esta definición hay muy poco acuerdo entre los psicólogos. Por ejemplo, las definiciones comunes de inteligencia incluyen la capacidad de aprender, de adaptarse a situaciones nuevas, de representar y manipular símbolos, y de resolver problemas. La confusión alrededor de una definición de inteligencia condujo a BORING (1923) a decir que inteligencia es «lo que miden estos tests».

Una definición completa de *inteligencia* (o cualquier capacidad mental) todavía es un objetivo más que una realidad en psicología. Además, en cierto sentido, el objetivo principal de la psicología cognitiva es definir la inteligencia. Cuando comprendamos los procesos cognitivos básicos y las estructuras responsables de las diferencias individuales en el rendimiento intelectual, habremos resuelto muchos de los problemas actuales de la psicología cognitiva. Mientras tanto, sin embargo, intentemos considerar una definición general que consta de tres partes:

Características cognitivas internas: la inteligencia concierne a la naturaleza del sistema cognitivo humano.

Relativa al rendimiento: la inteligencia está relacionada con el rendimiento en tareas como la resolución de problemas.

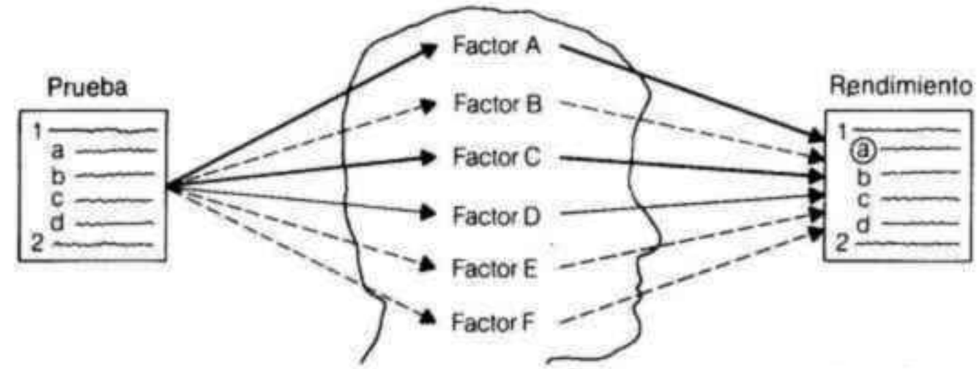
Diferencias individuales: las diferencias de inteligencia son relativas a diferencias en las características cognitivas internas y el rendimiento.

Así, la inteligencia se refiere a las características cognitivas internas relativas a las diferencias individuales en el rendimiento para la resolución de problemas.

Hace un cuarto de siglo, CRONBACK (1957) señaló que la psicología científica parecía haberse desarrollado como dos disciplinas distintas y separadas: el *enfoque psicométrico*, que se concentraba en las diferencias individuales entre el rendimiento de las personas, sin demasiado interés por los procesos y estructuras cognitivas subyacentes, y el *enfoque de la psicología experimental*, que se dedicaba a analizar los procesos cognitivos generales sin demasiado interés por las diferencias individuales. Los psicometristas se centraban en una parte de la definición de inteligencia —midiendo las diferencias individuales en el rendimiento— mientras que los psicólogos experimentales se centraban en la otra parte de la definición, analizando los procesos básicos de la cognición y el aprendizaje.

En los últimos años, sin embargo, se ha producido un asombroso acercamiento entre las dos tradiciones. Por ejemplo, CARROLL (1976) ha seleccionado tests básicos de capacidad mental y ha mostrado cómo puede relacionarse el rendimiento de un individuo en ellos con los procesos cognitivos internos,

Cuadro 12-2 Teoría del factor



Puntaje en la prueba = (0.8) (Factor A) + (0.4) (Factor C) + (0.1) (Factor D)

El rendimiento en esta prueba depende en gran parte del nivel de capacidad para el Factor A, moderadamente del nivel de capacidad para el Factor C y ligeramente del nivel de capacidad para el Factor D.

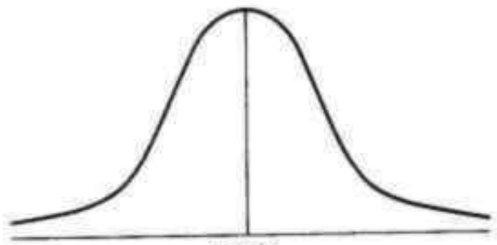
tales como manipular información en la memoria a corto plazo o en reconocer un estímulo.

Después de hacer una breve revisión del enfoque psicométrico, este capítulo presenta tres nuevos enfoques de las diferencias individuales en la tradición de la psicología experimental: correlatos cognitivos, componentes cognitivos y diferencias entre expertos y principiantes. Estos tres nuevos enfoques son intentos por unificar la psicología científica; consideran todas las partes de la definición de inteligencia.

Enfoque psicométrico

El primer enfoque de la capacidad mental es el enfoque psicométrico. Este enfoque está basado en la idea de que debemos hacer una lista de las capacidades mentales básicas y luego medir cada una de ellas, en lugar de tratar de definir cada capacidad mental con palabras. El tema subyacente del enfoque psicométrico es que los seres humanos estamos dotados de un conjunto de factores, o rasgos, que hay diferencias individuales en cada factor y que las diferencias individuales en estos factores son relativos a las diferencias en el rendimiento intelectual. De modo que el rendimiento en un test de «inteligencia general» o alguna otra capacidad mental como la capacidad verbal, cuantitativa o espacial, está mediado por un conjunto de factores o rasgos subyacentes. En el cuadro 12-2 se presenta un resumen de la teoría de factores de la capacidad mental. En lo que queda de esta sección, el lector verá de qué modo los

Cuadro 12-3 Distribución normal



Algunas de las características de la distribución normal son:

1. La mitad de las personas puntúan por encima de la media y la otra mitad por debajo.
2. La curva es simétrica, es decir, para cada puntaje a distancia por debajo de la media hay un puntaje a la misma distancia por encima de la media.
3. La curva tiene forma de campana, porque la mayoría de las personas puntúan cerca de la media y muy pocas personas puntúan por encima o por debajo en los extremos.

psicometristas intentaron determinar cuáles son los factores mentales principales y cómo medirlos.

GALTON (1869, 1883) fue uno de los primeros que estudió sistemáticamente las diferencias individuales en la capacidad mental. Su hipótesis era que las diferencias en el rendimiento general se deben a diferencias en muchos procesos básicos más pequeños, como por ejemplo la rapidez con que la persona responde a un estímulo, su capacidad para juzgar cuál de dos pelotas pesa más, su sensibilidad al dolor, etc. Para comprobar esa idea, presentó una batería de 17 tests a 9337 personas. Además de amplias diferencias individuales entre las personas, descubrió que las diferencias en muchas capacidades mentales parecían regularmente distribuidas, como se ve en el gráfico del cuadro 12-3. El nivel de capacidad de una persona puede describirse en función de cuánto se desvía por encima o por debajo de la media. De este modo, en los comienzos de la observación científica, Galton mostró que las personas difieren unas de otras.

Los descubrimientos de diferencias individuales por Galton y otros parece que tuvieron grandes consecuencias para la concepción de la educación pública bajo el lema «una medida va bien a todos». En 1905, el ministro francés de Instrucción Pública pidió a Alfred Binet que creara un test simple para utilizar en las escuelas. El objetivo de este test era localizar a los «deficientes mentales» para que pudieran recibir instrucción especial. En esencia, se pidió a Binet que desarrollara un test que pudiera predecir el éxito en la escuela. Binet descubrió rápidamente que las tareas básicas utilizadas por Galton, como el

tiempo de respuesta y la agudeza sensorial, no estaban relacionadas con el éxito escolar. En cambio, Binet decidió observar lo que un niño promedio podía hacer en cada nivel de edad. Después de observar amplios grupos de niños en cada edad, estuvo en condiciones de establecer una lista como la del cuadro 12-4. Para comprobar la capacidad mental, Binet simplemente observó qué tareas podía realizar un niño. Si un niño de 8 años podía realizar las tareas listadas para esa edad, pero no podía realizar las tareas de edades posteriores, entonces era un niño promedio. Si un niño de 8 años podía realizar tareas de su edad, y además tareas de niños de 9 años, era un niño por encima del promedio. El test de Binet, modificado para niños «normales», llegó a ser enormemente popular y en muchos aspectos constituyó la base de muchos tests de inteligencia posteriores.

El trabajo de Binet es importante por diversas razones. En primer lugar, inauguró el muy exitoso campo de la comprobación, quizás hoy la principal aplicación de la psicología científica en nuestra sociedad. En segundo lugar, basó su definición de capacidad mental en el éxito escolar; así, desde el comienzo, la capacidad mental quedó relacionada con el rendimiento en tareas del mundo real. Por último, a medida que va leyendo los ítems del cuadro 12-4, el lector puede advertir que Binet parece medir el conocimiento básico del estudiante más que algunos procesos de la memoria primaria; el tema de que la resolución airosa de problemas requiere de un conocimiento específico se repetirá a lo largo de este capítulo.

El trabajo de Binet plantea la cuestión acerca de si el rendimiento en inteligencia se debe a un único factor general o a muchos pequeños factores específicos. SPEARMAN (1904, 1927) enfrentó esta cuestión reuniendo puntuaciones de muchos tests diferentes de un gran número de personas. Si había un solo factor que determinaba el rendimiento en todos los tests mentales, las clasificaciones de todos los tests deberían estar relacionadas entre sí. En otras palabras, si una persona funcionaba bien en uno, debía funcionar bien en todos. Por el contrario, si cada test medía una sola capacidad específica, entonces las puntuaciones de los tests no deberían estar relacionadas. Utilizando algunas técnicas estadísticas de reciente creación, Spearman descubrió una base para ambas ideas: todos los tests parecían estar relacionados unos con otros, si bien no perfectamente relacionados. Esto llevó a Spearman a suponer una «teoría de los dos factores» de la inteligencia: existe un factor general (llamado *g*) así como muchos factores específicos menores (llamados *s*) que influyen sobre el rendimiento en cada test. Por ejemplo, los tests de analogía verbal pueden requerir el factor g así como factores s, como son el vocabulario y fluidez verbal; un test de analogía pictórica puede requerir el mismo factor g además de factores s diferentes, como son visualización y fluidez de imágenes.

Más tarde, THURSTONE (1938) modificó las técnicas estadísticas utilizadas por Spearman y descubrió que existen siete «capacidades mentales primarias»: comprensión verbal, número, memoria, velocidad perceptual, espacio, fluidez

Cuadro 12-4 Items típicos del test de Stanford-Binet

Dos años

1. Tablero de tres agujeros. Colocar tres objetos geométricos en el tablero.
2. Respuesta retardada. Identificar la colocación de un objeto escondido después de un retardo de 10 segundos.
3. Identificar partes del cuerpo. Señalar los rasgos en una muñeca de papel.
4. Torre compuesta de bloques. Construir una torre de cuatro bloques imitando el procedimiento del examinador.
5. Vocabulario de imágenes. Nombrar objetos comunes a partir de dibujos.
6. Combinación de palabras. Combinación espontánea de dos palabras.

Seis años

1. Vocabulario. Definir correctamente 6 palabras de una lista de 45 palabras.
2. Diferencias. Decir las diferencias entre dos objetos.
3. Dibujos mutilados. Señalar la parte faltante del objeto dibujado.
4. Conceptos de número. Contar los bloques de una pila.
5. Analogías opuestas II. Items de la forma «El verano es caliente, el invierno es...».
6. Recorrer un laberinto. Hallar el camino más corto en un laberinto simple.

Diez años

1. Vocabulario. Definir correctamente 11 palabras de la misma lista.
2. Contar bloques. Contar números de cubos de un dibujo tridimensional, algunos cubos escondidos.
3. Palabras abstractas I. Definición de adverbios abstractos.
4. Encontrar razones I. Dar razones de leyes o preferencias.
5. Nombrar palabras. Nombrar todas las palabras posibles en un minuto.
6. Repetir seis dígitos. Repetir seis dígitos en orden.

Adulto promedio

1. Vocabulario. Definir correctamente 20 palabras.
2. Ingenuidad I. Problemas algebraicos con palabras que implican manipulación mental de volúmenes.
3. Diferencias entre palabras abstractas. Diferenciar entre dos palabras abstractas relacionadas.
4. Razonamiento aritmético. Problemas con palabras que implican cálculos simples.
5. Proverbios I. Dar el significado de proverbios.
6. Orientación: Dirección II. Hallar orientación luego de una serie verbal de cambios en direcciones.
7. Diferencias esenciales. Dar la diferencia principal entre dos conceptos relacionados.
8. Palabras abstractas III. Significados de adverbios abstractos.

De Brown (1983) © 1983. CBS College Publishing. Reproducido con permiso de Holt, Rinehart y Winston.

verbal y razonamiento inductivo. Así, donde Spearman halló un solo factor general, Thurstone descubrió 7 factores.

Ante los descubrimientos conflictivos de Spearman y Thurstone, Guilford (1959, 1967) adoptó una posición diferente, llamada «estructura del intelecto». Guilford comenzó por sugerir que cualquier capacidad mental podía clasificarse en función de las tres dimensiones siguientes:

Operación: evaluación, producción convergente, producción divergente, memoria y cognición.
Producto: unidades, clases, relaciones, sistemas, transformaciones e implicaciones.
Contenido: figurativo, simbólico, semántico y conductal.

Existen 5 × 6 × 4 o 120 capacidades mentales que corresponden a cada combinación posible de las tres categorías. El cuadro 12-5 presenta un resumen de la teoría de la estructura del intelecto, así como ejemplos de algunos de los 120 factores. Si bien ahora existen tests para la mayoría de los 120 factores, algunos factores todavía no son mensurables.

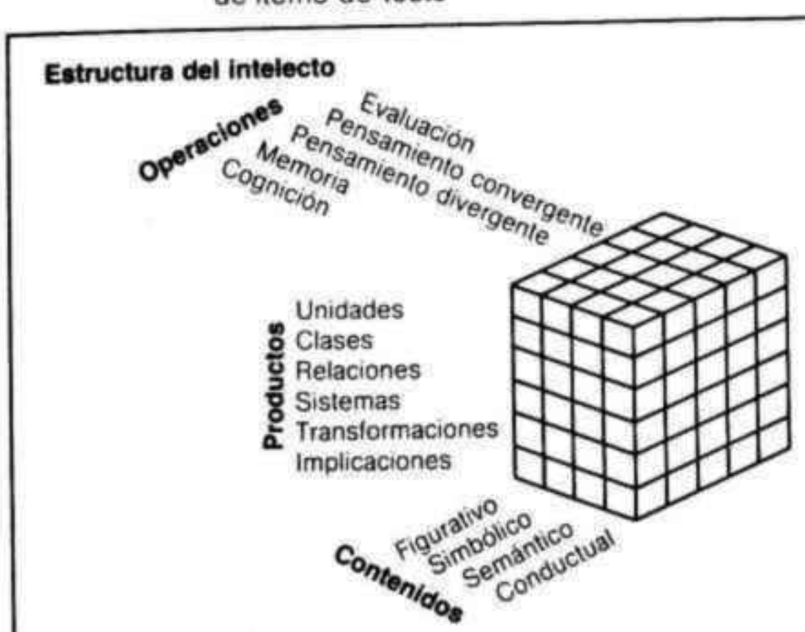
¿Adónde nos deja el enfoque psicométrico? Nos deja con amplia evidencia de que los seres humanos difieren en el rendimiento intelectual y que estas diferencias pueden medirse sistemáticamente. En cambio, lo que falta en el enfoque psicométrico es una descripción clara de qué significan las diferencias en la capacidad mental. Por ejemplo: ¿qué tiene en su mente alguien que tiene un alto rendimiento en «capacidad verbal», distinto de otro que obtiene una baja puntuación en los mismos tests? En las tres secciones siguientes de este capítulo exploraremos tres técnicas para describir las diferencias de capacidad.

Teoría de los correlatos cognitivos

El enfoque de los correlatos cognitivos comienza por seleccionar una capacidad que se puede medir con tests psicométricos, como por ejemplo la capacidad verbal. El objetivo es describir las diferencias individuales en esa capacidad en función de diferencias en capacidades o técnicas generales de procesamiento de la información. La teoría de los correlatos cognitivos está basada en dos ideas:

Sistema de procesamiento de información. Todos los seres humanos estamos dotados de un sistema de procesamiento de información, como una memoria a largo plazo para almacenar la información permanentemente, una memoria a corto plazo para retener la información sobre la que estamos pensando activamente, y procesos para operar sobre esa información.

Cuadro 12-5 120 factores mentales de Guilford y algunas muestras de ítems de tests



1. Palabras mezcladas (unidades-cognición-simbólico)
   Reordenar las letras para construir palabras reales:

   R A C I H

   T V O E S

   K L C C O

2. Problemas de imparidad (clases-cognición-semántico)
   ¿Cuál objeto no pertenece? almeja árbol horno rósa

3. Problemas de analogía (relaciones-cognición-semántico)
   La poesía es a la prosa como la danza es a (1) la música, (2) caminar, (3) cantar, (4) hablar.

4. Producción de oraciones (sistemas-simbólico-divergente)
   Escribir tantas oraciones como pueda de la forma:

   N_____ c_____ m_____ n_____

5. Tarea de compleción (relaciones-simbólico-convergente)

   pots stop bard drab rats _____

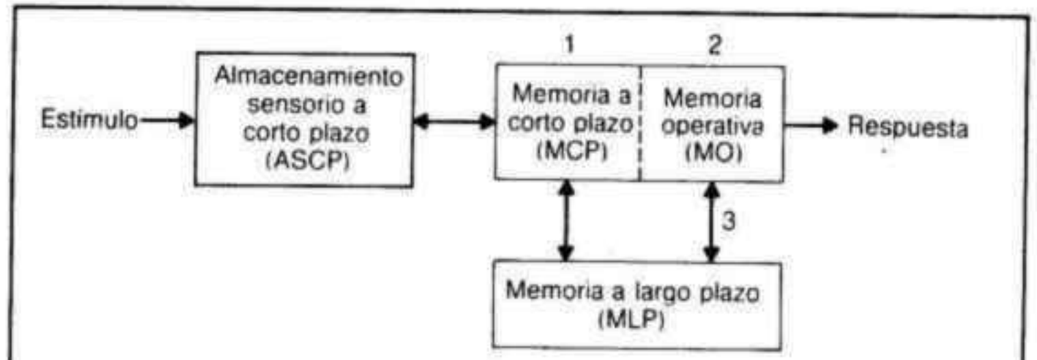
6. Tarea de deducción (relaciones-simbólico-convergente)

   Carlos es menor que Roberto
   Carlos es mayor que Francisco
   ¿Quién es mayor? ¿Roberto o Francisco?

Respuestas: 1. CHAIR, STOVE, CLOCK, 2. horno, 3. caminar, 4. nosotros comimos muchas nueces (y así sucesivamente), 5. stars, 6. Roberto

Diagrama adaptado de GUILFORD. © 1959. American Psychological Association. Reproducido con permiso del autor.

Cuadro 12-6 Un sistema de procesamiento de información



Componentes que afectan la capacidad verbal:
1. Retener la capacidad de MCP
2. Velocidad de manipulación mental en MO
3. Velocidad de búsqueda del objetivo en MLP

Diferencias individuales. Las personas pueden diferenciarse respecto de las capacidades particulares de cada proceso de memoria, y éstos son los bloques que constituyen el comportamiento intelectual.

Como el lector puede ver, la teoría de los correlatos cognitivos intenta responder a preguntas como «¿Qué significa tener una puntuación muy alta para cierta capacidad?». En una serie de artículos, Hunt y sus colaboradores (HUNT, FROST y LENNEBORG, 1973; HUNT, LENNEBORG y LEWIS, 1975; HUNT, 1978) introdujeron la teoría de los correlatos cognitivos por medio de la investigación de las capacidades para procesar información que pueden estar relacionadas con la capacidad mental. Utilizan el término «procesamiento de información» o «mecánicas de capacidad» para describir su teoría.

Para que el lector pueda entender mejor esta teoría, consideremos una pregunta formulada por HUNT, LENNEBORG y LEWIS (1975), a saber: «¿Qué significa tener una puntuación verbal elevada?». Descubrieron un grupo de estudiantes universitarios que tenían muy buena puntuación en el test de capacidad verbal (como la escala verbal SAT) y un grupo que tenía una puntuación baja en el mismo test. El objetivo de Hunt, Lenneborg y Lewis era determinar si las diferencias entre estos grupos podían describirse en función de diferencias en las capacidades básicas de procesamiento de información.

Su primer paso fue describir el sistema de procesamiento de información que tienen todos los seres humanos. El cuadro 12-6 muestra una versión simple del procesamiento de información, que consiste en almacenes de memoria y en procesos de memoria. Los rectángulos del cuadro 12-6 se refieren a los depósitos de memoria: grandes cantidades de información presentes en el mun-

do exterior, grandes cantidades de información pueden ser almacenadas permanentemente en la memoria a largo plazo y cantidades limitadas de información pueden retenerse temporalmente en la memoria a corto plazo (como por ejemplo la información sobre la que pensamos cuando estamos resolviendo un problema). Las flechas del cuadro 12-6 se refieren a los procesos de memoria, como buscar una pieza específica de información, o tomar una decisión comparativa en la memoria a corto plazo. Pensar puede considerarse como la realización de una serie de manipulaciones de información retenida en la memoria a corto plazo.

El paso siguiente para analizar la capacidad verbal fue intentar localizar los procesos de memoria básica que se requieren para tareas verbales como leer. Por ejemplo, Hunt y sus colaboradores sugirieron diversos procesos, incluyendo los siguientes:

> *Decodificación de información de la memoria a largo plazo.* Decodificar quiere decir encontrar una pieza específica de información bien aprendida en la memoria a largo plazo, como por ejemplo reconocer que la letra impresa A se refiere a la primera letra del alfabeto. En el curso normal de la lectura hay que decodificar letras o hileras de letras miles de veces. Las personas pueden diferenciarse por la velocidad en que decodifican, es decir, encuentran el nombre de un símbolo impreso en la memoria a largo plazo.
>
> *Retener información en la memoria a corto plazo.* Retener significa pensar activamente acerca de una instancia y recordar información sobre ella, como escuchar una lista de letras y ser capaz de recitarlas en orden. En la lectura se retienen combinaciones de letras en la memoria a corto plazo hasta que se puede imaginar de qué palabra se trata, o bien se retienen hileras de palabras hasta que se comprende la oración completa. Las personas pueden diferir en la cantidad de información que retienen activamente en sus mentes a la misma vez.
>
> *Manipular información en la memoria a corto plazo.* Manipular quiere decir realizar una simple operación sobre una información que se retiene en la memoria a corto plazo, como comparar dos letras para determinar si son la misma. La lectura requiere muchas de estas operaciones en la memoria operativa y las personas pueden tener diferentes velocidades para comparar y decidir.

Hunt sugiere, por tanto, que algunos procesos básicos de información pueden ser los bloques constitutivos de la capacidad verbal.

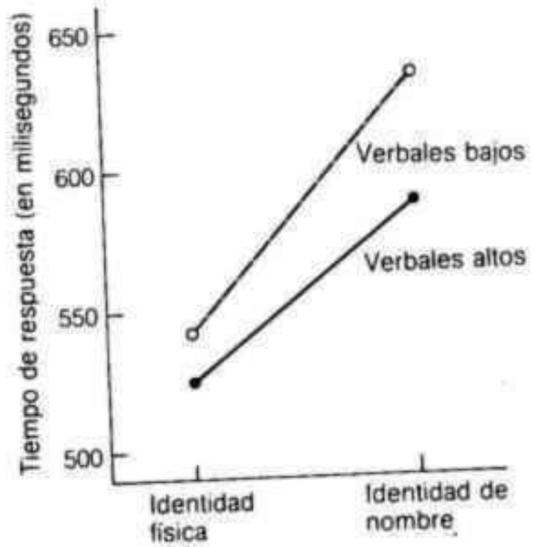
El paso siguiente del plan de Hunt fue medir los procesos básicos de la memoria en estudiantes de alto y bajo rendimiento verbal, y ver qué diferencias en la capacidad verbal se relacionan con diferencias en estos procesos básicos. Examinemos ahora la decodificación de la memoria a largo plazo, la retención de información en la memoria a corto plazo y la manipulación de información una por vez.

Para medir la velocidad de los procesos decodificadores, Hunt modificó un procedimiento creado por Posner y sus colaboradores (Posner y Mitchell, 1976; Posner, Boies, Eichelman y Taylor, 1969; Posner, 1978) llamado «tarea de apareamiento de letras». (Esta tarea se ha tratado en el capítulo 8.) Un sujeto se sienta frente a una pantalla de computadora en la que aparecen dos letras. Si son la misma, el sujeto aprieta el botón «igual»; si son diferentes, el sujeto aprieta el botón «diferente». Se utilizan dos clases de pruebas: apareamiento físico y apareamiento de nombres. En las pruebas de apareamiento físico se pide al sujeto que base su juicio «igual-diferente» en si las dos letras son físicamente idénticas, como AA es «igual», pero Aa es «diferente». En las pruebas de apareamiento de nombre se pide al sujeto que juzgue si las dos letras tienen el mismo nombre. En este caso Aa es «igual» y AB es «diferente».

Para hallar el tiempo de decodificación hay que usar un «método de sustracción» (Posner, 1978) de la manera siguiente. Supongamos que el apareamiento físico requiere los siguientes procesos: codificar las letras, comparar las letras, decidir acerca de una respuesta y ejecutar la respuesta. La tarea de apareamiento de nombres requiere todos estos procesos más hallar el nombre de las letras en la memoria a largo plazo; estos procesos son: codificar las letras, encontrar sus nombres en la memoria a largo plazo, comparar los nombres, decidir una respuesta y ejecutar la respuesta. De modo que si tomamos el tiempo para un apareamiento de nombre y le restamos el tiempo del apareamiento físico, tendremos una estimación del tiempo de «decodificación», o sea, encontrar el nombre de las letras en la memoria a largo plazo.

El cuadro 12-7 muestra los tiempos medios de respuesta para sujetos de alto y bajo rendimiento verbal en apareamientos físicos y de nombre. Ambos grupos trabajaron a niveles semejantes para los apareamientos físicos; por tanto, no hay ninguna evidencia de que los sujetos de alto rendimiento verbal sean más veloces para responder. Sin embargo, la tarea de apareamiento de nombre agrega 64 milisegundos para los sujetos de alto rendimiento verbal y 89 milisegundos para los de bajo rendimiento verbal. Aparentemente el tiempo para buscar el nombre de una letra es menor en los sujetos de alto rendimiento verbal. Si bien la velocidad extra de los sujetos de alto rendimiento consiste en una pequeña fracción de segundo, hay que recordar que la lectura requiere miles de estos procesos de decodificación. En un estudio realizado por Goldberg, Schwartz y Stewart (1977), los sujetos emitían juicios sobre homófonos como *deer-deer* (ciervo-ciervo) y *deer-dear* (ciervo-querida). Los de alto rendimiento verbal obtuvieron un tercio de segundo de ventaja cuando la tarea exigía buscar el significado de una palabra en la memoria a largo plazo. De modo que existe evidencia de que las diferencias en la capacidad verbal pueden describirse en función de diferencias en los procesos básicos como la decodificación.

Cuadro 12-7 Rendimiento de sujetos con alta y baja capacidad verbal en problemas de identidad de nombre y física

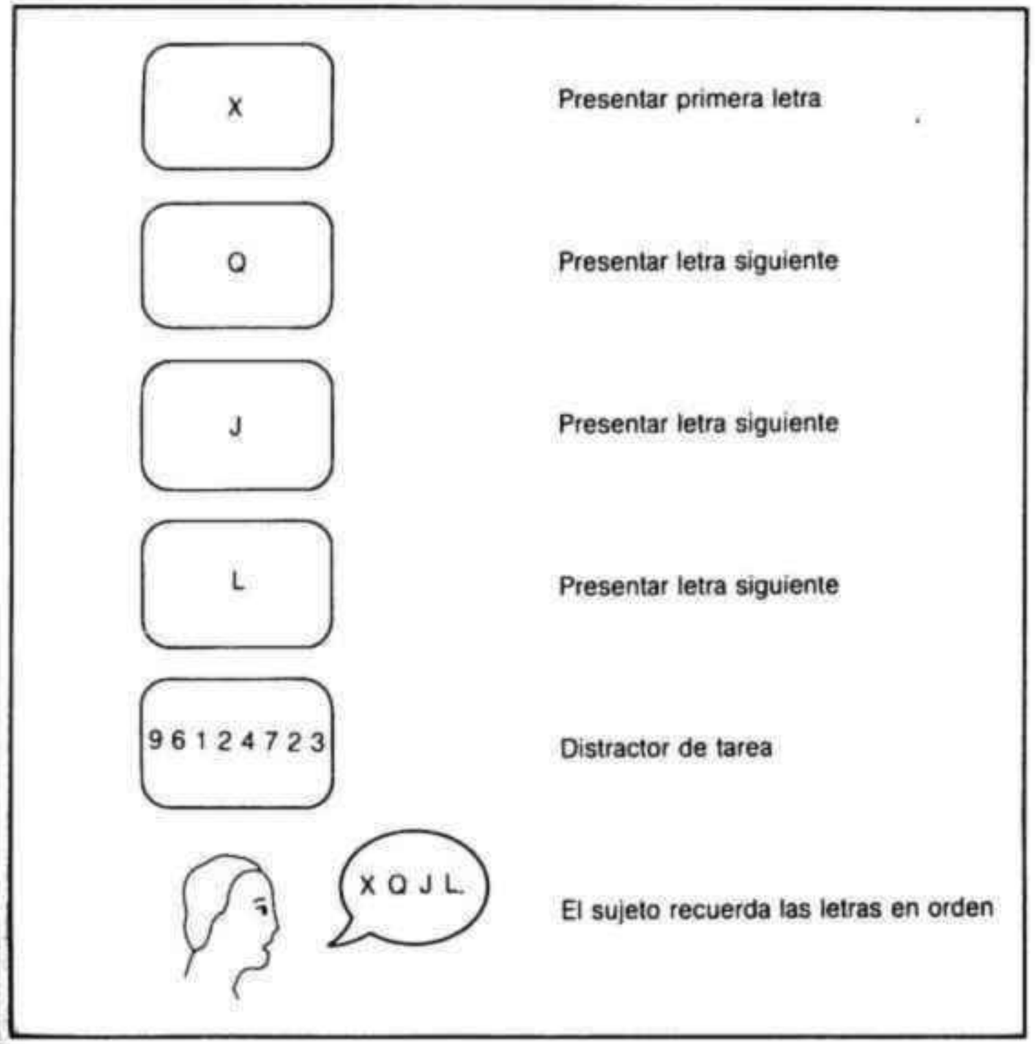


Adaptado de HUNT, LUNNEBORG y LEWIS (1975)

Hunt utilizó una tarea de amplitud de memoria modificada de PETERSON y PETERSON (1959). Su procedimiento, que se resume en el cuadro 12-8, está diseñado para medir la capacidad de retención en la memoria a corto plazo. Se desplegaban cuatro letras en una pantalla, una por vez, cada una durante 400 milisegundos. Luego se presentaban de 1 a 36 dígitos en la pantalla y los sujetos tenían que recitarlos; esta tarea de repetir los dígitos fue incluida para evitar que los sujetos ensayaran las cuatro letras. Luego se pedía a los sujetos que recitaran las cuatro letras en orden.

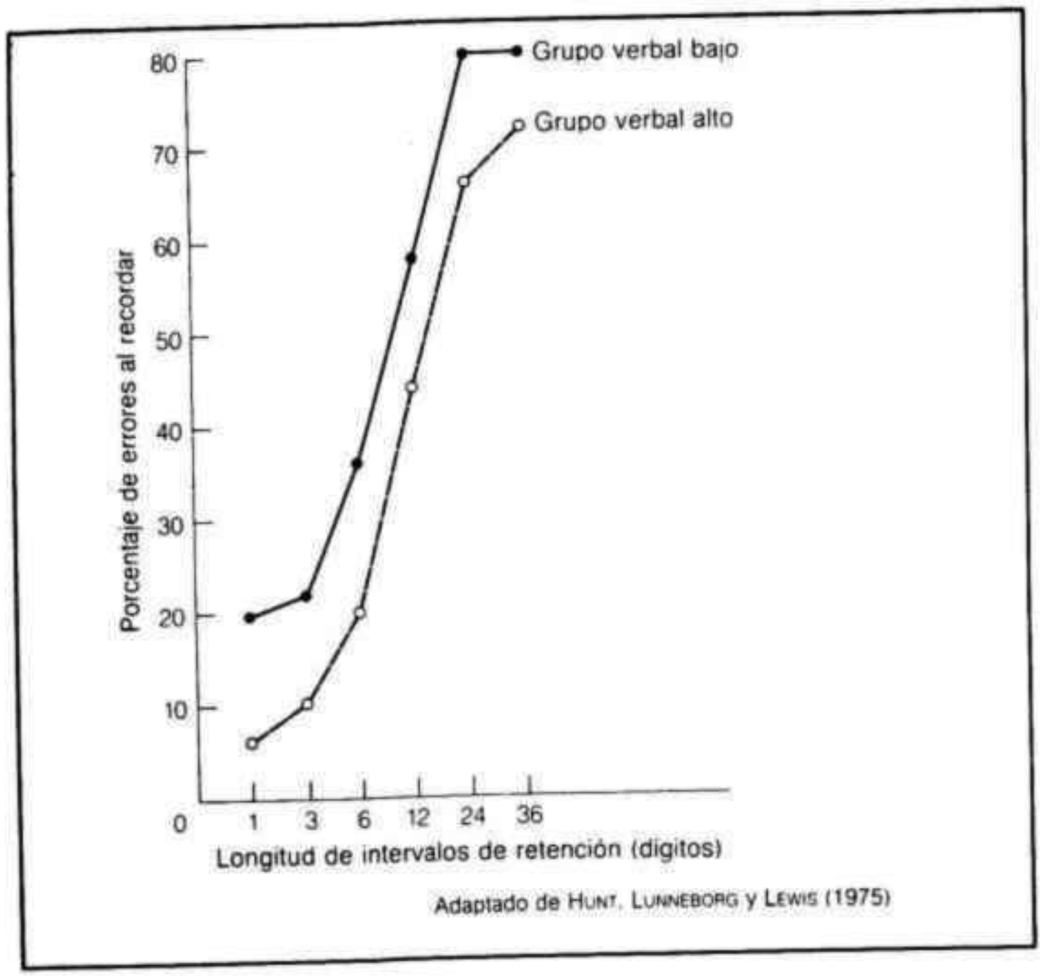
El cuadro 12-9 muestra que los sujetos de alto rendimiento verbal cometían menos errores al recordar que los de bajo rendimiento. El hecho de que los sujetos de alto rendimiento verbal fueran más capaces de recordar letras en orden sugiere que tienen mejores técnicas para mantener grandes cantidades de información en la memoria a corto plazo. Por ejemplo, una forma de mantener información en la memoria activa es «trabar» la información. Una secuencia de letras como SPTR podría ser recordada como un grupo único —SPuTteR—. Una explicación del rendimiento superior de los sujetos de alto nivel verbal es que hacen un mejor uso de técnicas como el agrupamiento. En todo caso, los resultados indican que los sujetos de alto rendimiento verbal son capaces de retener más información verbal en la memoria activa al mismo tiempo que los de bajo rendimiento verbal.

Cuadro 12-8 Medición de la capacidad de memoria a corto plazo utilizando una tarea de Peterson modificada



Por último, HUNT, LENNEBORG y LEWIS (1975) modificaron la tarea de barrido de memoria de STERNBERG (1966, 1975) para medir el tiempo necesario para manipular información en la memoria a corto plazo. (Esta tarea se estudia en el capítulo 8.) Un sujeto se sienta frente a una pantalla y ve un conjunto para memorizar de una a cinco letras, presentadas una por vez. Luego sale una letra de prueba en la pantalla, y el sujeto debe decidir si esta letra era una de las que le acababan de presentar. Veamos lo que el sujeto debe hacer cuando una letra está en el conjunto presentado: codificar una letra, mantener esa letra en la memoria, codificar la letra de prueba, compararla con la que tiene en la memoria, decidir una respuesta y responder. Cuando dos letras están en el

Cuadro 12-9 Rendimiento verbal alto y bajo de sujetos en tareas de MCP (memoria a corto plazo)



Adaptado de HUNT, LUNNEBORG y LEWIS (1975)

conjunto presentado, el sujeto debe codificar y almacenar dos letras en lugar de una y hacer una comparación mental adicional. Cada vez que se añade una letra al conjunto para memorizar, el sujeto debe comprometerse en una comparación mental más.

En un estudio anterior, HUNT, FROST y LENNEBORG (1973) descubrieron que añadir una letra al conjunto presentado tendía a sumar 60 milisegundos a la respuesta de los sujetos de alto rendimiento verbal y 80 milisegundos a los de bajo rendimiento verbal. De modo que resulta que el tiempo para realizar una comparación mental es inferior en los sujetos de alto rendimiento verbal que en los de bajo rendimiento.

Desafortunadamente, existen varios problemas en el enfoque de los correlatos cognitivos, incluyendo aspectos empíricos y teóricos. En primer lugar, algunos de los datos han sido difíciles de duplicar. Por ejemplo, HUNT (1978)

observa que no ha sido posible repetir los descubrimientos relativos a la tarea de barrido de memoria y que STERNBERG (1975) descubrió que no había ninguna relación entre velocidad de barrido e inteligencia. Como respuesta a esta crítica, obsérvese que cuando se utilizan versiones más exigentes de la tarea, emergen otra vez grandes diferencias individuales. Por eso HUNT (1978) sugiere que las tareas deben permitir a los individuos poner toda su atención en la tarea.

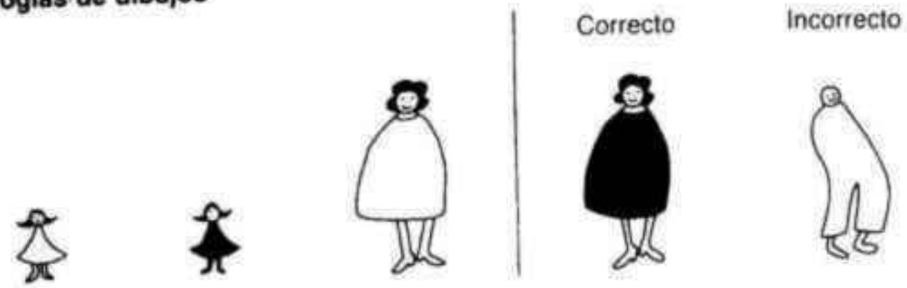
Tampoco HOGABOAM y PELLEGRINO (1978) pudieron hallar ninguna relación entre puntajes verbales SAT y rendimiento en una tarea que implicara emitir juicios acerca de si una palabra (o dibujo) pertenecía a una categoría dada. Si bien esta tarea es semejante al apareamiento de letras utilizado por HUNT, LENNEBORG y LEWIS (1975), HOGABOAM y PELLEGRINO se vieron forzados a la conclusión opuesta: «La capacidad verbal en nuestra muestra de universitarios no tenía nada que ver con la velocidad para tomar decisiones simples de categoría semántica» (1978, pág. 192). Sin embargo, HUNT (1980) obtuvo nuevos datos que muestran que las diferencias entre sujetos de alto y bajo rendimiento verbal pueden obtenerse bajo determinadas circunstancias.

Una segunda crítica importante a la teoría de los correlatos cognitivos es que pone el acento en las diferencias entre las velocidades de los procesos mentales básicos mientras que debería ponerlo en las diferencias de proceso utilizado para manipular estos mismos procesos. En otras palabras, el comportamiento inteligente requiere tanto ser capaz de aplicar procedimientos de procesamiento de información de manera eficiente como decidir acerca de qué procesos utilizar, vigilar estos procedimientos y determinar el momento de cambiarlos. Por ejemplo, un trabajo anterior realizado por Galton estaba dirigido a descubrir procesos simples —como el tiempo necesario para responder a un estímulo— que pudieran relacionarse con diferencias individuales en la capacidad intelectual. Sin embargo, estas mediciones resultaron inútiles para el posterior desarrollo de tests de inteligencia. PELLEGRINO y GLASER (1979, pág. 68) temen que la investigación de los correlatos cognitivos pueda llevar a «sobrevalorar la mecánica del pensamiento y hacernos volver a la posición de Galton».

Con posterioridad, Hunt y sus colaboradores (MACLEOD, HUNT y MATHEWS, 1978; HUNT y MACLEOD, 1979) incorporaron a su enfoque los «procedimientos». Por ejemplo, utilizaron una tarea de verificación oración-dibujo (véase capítulo 8) en la cual los sujetos ven una frase como «la estrella no está sobre el signo más» y un dibujo como *+. El sujeto debe responder «verdadero» si la oración y el dibujo son consistentes y «falso» si no lo son (como es el caso en el ejemplo aquí citado). MACLEOD, HUNT y MATHEWS (1978) descubrieron que en un grupo de sujetos —aparentemente los que utilizan procesos de codificación verbal— las diferencias en el rendimiento estaban muy relacionadas con la capacidad verbal pero no con la capacidad espacial. En los otros sujetos, que utilizaban procesos de codificación visual, las diferencias en

Cuadro 12-10 Algunos problemas de analogía

Analogías de dibujos



Analogías verbales

	Correcto	Incorrecto
Refrigerados : Comida : Billetera :	Dinero	Paciencia

Analogías geométricas

Adaptado de Sternberg (1977)

los tiempos de respuesta estaban altamente relacionadas con la capacidad espacial pero no con la capacidad verbal. Así, a medida que se avanza en la tradición de los correlatos cognitivos, cada vez se presta más atención a las diferencias en los procesos generales utilizados por los sujetos.

Teoría de los componentes cognitivos

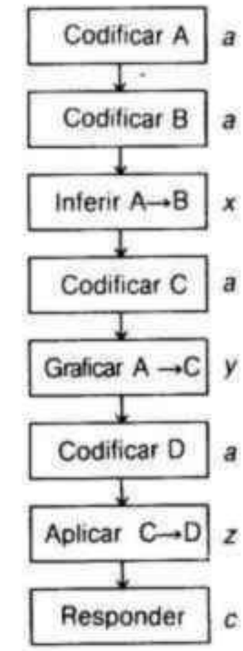
La teoría de los componentes cognitivos constituye un camino alternativo para describir las diferencias en la capacidad intelectual. Esta teoría está compuesta por dos ideas básicas:

Análisis de tarea. En cualquier ítem de un test de inteligencia, la tarea de resolver ese problema puede dividirse en una lista de procesos componentes.

Aislamiento de los componentes críticos. El objetivo de la investigación es determinar cuál de los procesos componentes está relacionado con las diferencias individuales en el rendimiento.

Cuadro 12-11 Procesos componentes en una tarea analógica

Problema: A:B::C:D



Adaptado de Sternberg (1977)

La teoría de los componentes cognitivos intenta responder a preguntas como «¿Qué es lo que mide un test de inteligencia?». En su libro *Intelligence Information Processing and Analogical Reasoning*, Robert Sternberg (1977) presentó datos que lanzaban la teoría de los componentes cognitivos. Utilizó el término «teoría componencial» para describir su teoría; Pellegrino y Glaser (1979) utilizaron, para referirse a ella, la expresión «componentes cognitivos».

El primer paso en el enfoque de los componentes cognitivos fue escoger un problema que se hallara generalmente en todos los tests de coeficiente intelectual u otros tests de capacidad mental. Por ejemplo, consideremos los problemas de analogías del cuadro 12-10. En la versión de la tarea de analogía de

Sternberg, se dan al sujeto cuatro ítems bajo la forma «A es a B como C es a D». La tarea del sujeto es contestar Sí o No; si la regla que vincula A y B también se aplica a la relación entre C y D la respuesta será Sí; de lo contrario será No. Como el lector puede ver en el cuadro 12-11, Sternberg utilizó una variedad de analogías incluyendo analogías pictóricas, verbales y geométricas. Puesto que estas analogías se utilizan con frecuencia en los tests de coeficiente intelectual, la comprensión de las diferencias individuales en la resolución de analogías podría decirnos algo sobre las diferencias individuales de inteligencia.

Una vez que Sternberg hubo seleccionado el problema, como las analogías del cuadro 12-11, su paso siguiente fue hacer un análisis de tarea (véase Greeno, 1976; Resnick, 1976; Gagné, 1968). Determinó que un problema de analogía puede dividirse en los siguientes componentes principales. Consideremos esta analogía: rojo es al stop como verde es a pasar, o bien rojo:stop::verde:pasar.

Codificación (a). Cada uno de los cuatro ítems-estímulo es traducido a una representación interna. Por ejemplo, «rojo», «stop», «verde» y «pasar» están representados en la memoria.

Inferencia (x). Se halla una regla que relacione el término A de la analogía con el término B. Por ejemplo, una luz roja de tránsito es señal de detenerse.

Graficado (y). Se halla una regla de orden superior que relacione el término A con el C. Por ejemplo, rojo y verde son colores de señales de tránsito.

Aplicación (z). Se aplica una regla a C para generar un término final D. Por ejemplo, verde es señal de paso. Si esta respuesta concuerda con la respuesta dada para el término D, la respuesta a la analogía es sí; de lo contrario es no.

Preparación-respuesta (c). Este paso incluye todo el tiempo restante utilizado para resolver la analogía y emitir la respuesta.

Este análisis de tarea de un problema de analogía verbal en sus procesos componentes se resume en el cuadro 12-11; es más sencillo que el modelo real de Sternberg.

El siguiente paso importante de Sternberg fue reunir datos referentes al tiempo que necesitan las personas para realizar cada uno de los procesos componentes en la resolución de analogías, es decir, codificación, inferencia, graficado, aplicación y preparación-respuesta. Realizó una serie de experimentos con gran cantidad de sujetos; cada sujeto participaba en muchas sesiones. En cada prueba se pedía al sujeto que mirara a una pantalla, y se le presentaba la primera parte del problema (llamada fase «clave»), como por ejemplo A:B. Cuando el sujeto estaba listo para el resto del problema, él o ella apretaba un botón, y aparecía el problema completo (llamado fase de «solución»), como

Cuadro 12-12 Procedimiento en experimentos de analogía

Situación	Fase clave	Fase de solución
C-0		A:B::C:D
C-1	A	A:B::C:D
C-2	A:B	A:B::C:D
C-3	A:B::C	A:B::C:D

por ejemplo A:B::C:D. Si la analogía era correcta, el sujeto apretaba un botón «sí» y si no era correcta apretaba un «no». En algunas pruebas la fase clave consistía en los tres primeros términos, por ejemplo A:B::C, y esto se llamaba C-3. Cuando la fase clave tenía 2 términos, se llamaba C-2, por ejemplo A:B. Cuando sólo se daba un término en la fase clave, como A, se llamaba C-1. Por último, en algunas pruebas no se daba ninguna información durante la fase clave y esto se llamaba C-0. En todos los casos, la analogía completa con sus cuatro términos se presentaba en la segunda mitad de cada ensayo durante la fase de solución. Resumimos este procedimiento en el cuadro 12-12.

Sternberg supuso que durante la fase clave de cada prueba, el sujeto realizaba algunos de los procesos componentes. Por ejemplo, en la situación C-3, el sujeto podía codificar tres de los cuatro términos, hacer una inferencia, y hacer un graficado. En la situación C-2, el sujeto codifica dos de los tres términos, y hace una inferencia. En C-1 el sujeto codifica un término. En C-0 no pasa nada. Luego, ¿qué queda por hacer en la fase de solución? Los sujetos que tienen tres términos en la fase clave, todo lo que necesitan hacer en la segunda fase es codificar un término y hacer una aplicación, así como una preparación y respuesta. En la situación C-2, la solución incluye codificar dos términos, hacer un graficado y una aplicación así como una preparación y respuesta. En la situación C-1, una solución utiliza todos los procesos componentes excepto una codificación; en C-0, una solución incluye todos los procesos componentes. Sternberg supuso que cada componente es independiente y adicionable; es decir, si se utiliza un proceso componente durante la fase clave no es necesario preocuparse de él durante la fase de solución. Estos presupuestos se resumen en el cuadro 12-13.

Supongamos que cada uno de los procesos componentes emplea cierta cantidad de tiempo. Además, supongamos que la solución para las situaciones C-0 incluyen todos los procesos de C-1 y uno más, y que la solución para las situaciones C-1 incluye todos los procesos de C-2 y uno más, y así sucesivamente. Esto es lo que quiere significar Sternberg con su presupuesto de que los componentes son independientes y adicionables. Los tiempos de respuesta promedio para la fase clave y la fase de solución de cada situación aparecen en el cuadro 12-14. Como se suponía, la reacción se demora más, cuantos

Cuadro 12-13 Tiempos de respuesta en experimento de analogía

		Componentes	Tiempo de respuesta (en milisegundos)
Fase clave	C-0		530
	C-1	1*a*	755
	C-2	2*a*, *x*	952
	C-3	3*a*, *x*, *y*	1147
Fase de solución	C-0	4*a*, *x*, *y*, *z*, *c*	1423
	C-1	3*a*, *x*, *y*, *z*, *c*	1328
	C-2	2*a*, *y*, *z*, *c*	947
	C-3	1*a*, *z*, *c*	681

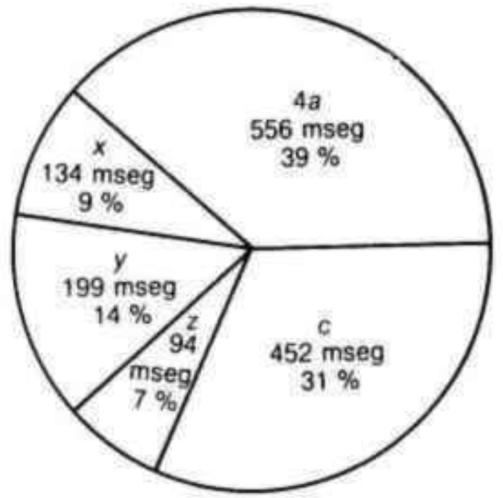
más procesos componentes deben realizarse; C-3 toma más tiempo que C-0 en la fase clave, pero C-0 lleva más tiempo que C-3 en la solución. Restando el tiempo de una situación del tiempo de otra, podemos obtener una idea muy general de la duración de cada proceso componente. Por ejemplo, la diferencia entre C-3 y C-2 en la fase de solución es que C-3 contiene dos procesos componentes más: graficado y codificación de un término. De modo que la diferencia en el tiempo de respuesta entre C-3 y C-2 nos da una estimación general sobre el tiempo necesario para realizar un graficado y una codificación.

Utilizando este método de sustracción junto con técnicas de regresión estadística que no describiremos ahora, Sternberg llegó a descubrir valores promedio de latencia de respuesta para cada componente. Como el lector puede observar en el cuadro 12-14, la mayor parte del tiempo necesario para resolver una analogía típica de dibujos consiste en codificar y preparar una respuesta (a y c, respectivamente).

El último paso del trabajo de Sternberg fue aplicar a sus sujetos tests estandarizados de capacidad intelectual, como por ejemplo tests de razonamiento y de velocidad perceptual. Una alta correlación indicaría si el rendimiento en estas pruebas estaba relacionado con alguno de los componentes del test de analogía. El lector esperaría que la capacidad para razonar estuviera relacionada con la inferencia, el graficado y la aplicación. Sin embargo, como lo muestra el cuadro 12-15, el rendimiento en los tests de razonamiento tenía mayor relación con el componente de preparación y respuesta. Si bien estos resultados corresponden a analogías de dibujos, se obtuvieron resultados similares con otros tipos de analogías. Sternberg llegó a aislar los componentes más fuertemente relacionados con las diferencias individuales de capacidad intelectual.

El análisis componencial de Sternberg implica que seremos capaces de describir la inteligencia de una forma nueva. En lugar de decir: «La inteligencia es lo que se mide en un test de inteligencia», el enfoque de los componentes

Cuadro 12-14 Tiempo calculado para cada componente de un problema analógico



Nota. Los cálculos están basados en modelos ligeramente diferentes al del cuadro 11-12.
mseg = milisegundos

Adaptado de Sternberg (1977)

cognitivos nos permite decir: «La inteligencia implica las diferencias individuales en los procesos componentes X, Y y Z». El progreso de este enfoque respecto del enfoque psicométrico es que somos capaces de precisar definiciones acerca de lo que queremos decir con los procesos componentes X, Y y Z.

El enfoque de análisis componencial de Sternberg es criticado fundamentalmente por dos razones: metodológica y teórica (Pellegrino y Lyon, 1979). En primer lugar, el método de investigación de Sternberg es criticado porque utiliza tareas de analogía muy simples. Estos problemas eran tan fáciles que no se cometían casi errores. Los sujetos parecen ser capaces de utilizar en esos problemas procesos automáticos. Sin embargo, si se hubieran utilizado analogías más complejas, hubiera habido más evidencia de diferencias individuales en estrategias y tácticas de decisión. Este punto es importante si las diferencias de inteligencia se relacionan más estrechamente con diferencias en la forma en que las personas utilizan las estrategias que en cómo utilizan los procedimientos automáticos.

Como respuesta a esta crítica, obsérvese que el análisis componencial se aplicó a una amplia gama de tareas intelectuales. Estas incluyen razonamiento lineal y silogístico, razonamiento en tareas espaciales, razonamiento en tareas de compleción de series, y en memoria (véase Sternberg, 1979, 1980; Pellegrino y Glaser, 1979). De modo que esta crítica reclama en realidad una in-

Cuadro 12-15 Correlaciones entre tiempos componentes y tests de capacidad

	Componente				
	a	*x*	*y*	*z*	*c*
Razonamiento	0,32	–0,13	–0,31	–0,19	0,71*
Velocidad perceptual	–0,22	–0,16	–0,08	–0,19	–0,22

* Correlación significante en $p < 0,01$

Adaptado de STERNBERG (1977)

vestigación más amplia a la que seguramente se responderá en los próximos años.

La segunda crítica es que la teoría no acentúa el papel de la planificación y la toma de decisiones por parte de quienes resuelven los problemas. Por ejemplo, hay razones para creer que algunos sujetos utilizan la codificación visual y otros utilizan la codificación verbal en determinadas tareas (HUNT y MACLEOD, 1979). De manera similar, CAMPIONE y BROWN (1979) señalan el papel del «control ejecutivo» en la inteligencia, es decir, cómo eligen las personas el proceso que consideran apropiado.

Como respuesta a esta crítica, STERNBERG (1979, pág. 259) revisa su teoría e incluye *metacomponentes:* «Los metacomponentes suplementan a los componentes aportando la toma de decisión y planificación necesarias para llevar adelante sus funciones. Mientras que los componentes resuelven los problemas, los metacomponentes deciden cómo serán resueltos los problemas, e incluso cuáles problemas hay que resolver en primer lugar». De modo que el trabajo actual sobre el análisis componencial, o de componente cognitivo de la inteligencia, apunta a ubicar tanto los procedimientos (componentes) automáticos de procesamiento de información como las técnicas estratégicas para manipular esos componentes (los metacomponentes) que están relacionados con la inteligencia. Es un enfoque nuevo y prometedor en lo que respecta a la enseñanza de procesos componentes o procedimientos (HOLTZMAN, PELLEGRINO y GLASER, 1976; CAMPIONE y BROWN, 1979).

Diferencias entre expertos y principiantes

Las secciones anteriores recorren algunas formas de describir las diferencias individuales entre las personas por su capacidad para resolver problemas. Otra forma de investigar las diferencias individuales en la capacidad de pensar es comparar cómo realizan determinada tarea los expertos y los principiantes.

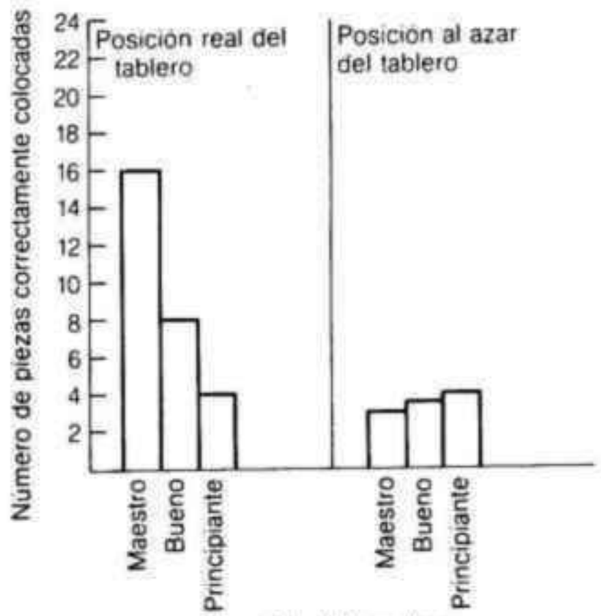
¿Qué poseen los expertos de lo cual carecen los principiantes? Consideremos, por ejemplo, la actuación de un gran maestro de ajedrez. Esta persona es capaz de recordar posiciones pasadas desde casi los comienzos del juego y es capaz de prever muchos movimientos hacia delante. Podríamos también preguntarnos qué posee un jugador de ajedrez experto de lo cual carece un principiante.

Para responder a esta pregunta, CHASE y SIMON (1973) escogieron un jugador maestro de ajedrez, un jugador bueno y un jugador principiante. Los estímulos para la experiencia eran dos tipos de posiciones en el tablero de ajedrez: *posiciones reales del tablero,* ya sea de la mitad de una partida real (24 a 26 piezas en el tablero) o del final de una partida real (12 a 15 piezas en el tablero) y *posiciones azarosas del tablero* generadas a partir de una posición en una partida y luego reordenando todas las piezas. En el experimento, cada sujeto observaba una posición del tablero que consistía en un tablero de ajedrez con algunas piezas en él, durante 5 segundos. Luego se cubría el tablero. Los sujetos recibían un tablero vacío con un conjunto de piezas apropiado y se les pedía que reconstruyeran lo que acababan de ver.

Los resultados indicaron que los maestros trabajaban muy bien reconstruyendo posiciones de tablero de juegos reales, promediando unos 16 de 24 tableros de mitad de partida, después de mirar el tablero sólo 5 segundos. Los principiantes lo hacían mucho peor, y sólo recordaban dónde iban 4 piezas. Sin embargo, en las posiciones azarosas del tablero, tanto los maestros como los principiantes trabajaron en el mismo nivel; cada sujeto sólo pudo colocar correctamente alrededor de 4 piezas. Estos descubrimientos se resumen en el cuadro 12-16.

Este estudio nos aporta algunas sugerencias interesantes acerca de las diferencias entre jugadores de ajedrez expertos y principiantes. Aparentemente, los expertos no tienen más capacidad de memoria o habilidades cognitivas superiores; si así fuera, hubieran tenido también un mejor rendimiento en la memorización de posiciones azarosas del tablero. ¿Qué es lo que les permite planificar tantos movimientos por adelantado en una partida o recordar posiciones del tablero desde principios de juego? CHASE y SIMON (1973) sugieren que los expertos tienen un amplio vocabulario de configuraciones reconocibles de las piezas de ajedrez, es decir, que pueden ver una configuración de muchas piezas como una unidad de sentido. Así, en el experimento, cuando el experto mira un tablero con 24 piezas, puede ver 3 o 4 combinaciones importantes de piezas, cada una con un significado claro. Este vocabulario se construye durante años de práctica, jugando cientos de partidas, y no haciendo otra cosa que jugar o pensar sobre el ajedrez. SIMON (1980) estima que un maestro está en posesión de 50 000 combinaciones. Este estudio sugiere que los expertos tienen un dominio mayor del conocimiento específico —por ejemplo, un amplio vocabulario de combinaciones posibles— más que una capacidad superior de memoria.

Cuadro 12-16 Rendimiento en la reconstrucción de posiciones de ajedrez reales y al azar



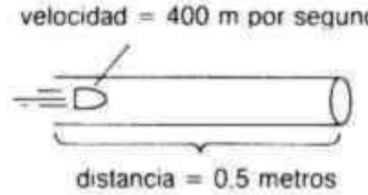
Adaptado de CHASE y SIMON (1973)

En los últimos tiempos se estudiaron en profundidad los comportamientos de sujetos expertos y principiantes en la resolución de problemas de física (LARKIN, MCDERMOTT, SIMON y SIMON, 1980; SIMON y SIMON, 1978, 1979; LARKIN, 1979a). Por ejemplo, consideremos los problemas cinemáticos como los del cuadro 12-17. Problemas cinemáticos como éstos se estudian con frecuencia en los primeros capítulos de un libro básico de física. LARKIN y otros (1980) explican que cada capítulo contiene cerca de 11 fórmulas, que expresan relaciones acerca de variables como tiempo, distancia, velocidad promedio, velocidad inicial y aceleración.

Larkin y sus colaboradores (LARKIN y otros, 1980; LARKIN, 1979, 1980) presentaron problemas sencillos de física a principiantes (por ejemplo, estudiantes que comenzaban con su introducción a la física) y a expertos (profesores y estudiantes avanzados). Se pedía a los sujetos que pensaran «en voz alta»; es decir, se les pedía que dijeran lo que sucedía en sus mentes mientras resolvían los problemas. Por supuesto, una de las diferencias más obvias entre expertos y principiantes fue el tiempo de solución: los principiantes ponían cuatro veces más tiempo para resolver los problemas que los expertos. Sin embargo, un análisis cuidadoso de los protocolos del pensamiento en voz alta, o

Cuadro 12-17 Un simple problema de física

Una bala sale del cañón de una escopeta a una velocidad de 400 m por segundo. La longitud del caño de la escopeta es de 0.5 m. Si la bala está uniformemente acelerada, ¿cuál es la velocidad promedio dentro del cañón?



Algunas fórmulas potencialmente importantes:

$$v = v_0 + aT$$
$$\bar{v} = \tfrac{1}{2}(v_0 + v)$$
$$S = \bar{v}T$$

donde S es distancia, $\bar{v}$ es velocidad promedio, T es tiempo, v es velocidad final, v_0 es velocidad inicial y a es aceleración.

Adaptado de LARKIN y otros (1980)

la transcripción de lo que decían los sujetos, reveló varias diferencias interesantes entre los expertos y los principiantes. Las dos diferencias más importantes se referían a la forma en que el conocimiento está organizado en la memoria y en los procesos que se utilizan para resolver los problemas.

En primer lugar, observemos las diferencias en la forma en que expertos y principiantes parecen organizar sus conocimientos. Al resolver problemas de física, el lector puede expresar la mayoría de la información por medio de ecuaciones. Por ejemplo, suponga que le dan un problema en el cual debe hallar el valor de C; los valores de A, X, Y, y K son dados. Los principiantes actúan como si su conocimiento estuviera organizado en pequeñas unidades como C = A + B, B = K ÷ L, L = X × Y. Para resolver C deben sustituir una ecuación por otra y así sucesivamente. Sin embargo, los expertos parecen tener el procedimiento para la solución disponible en una ecuación única, como C = A + K ÷ (X × Y). LARKIN (1979) llama a esto una «unidad funcional amplia». Así, mientras los principiantes deben avanzar paso a paso con una cantidad de comprobación, los expertos son capaces de resolver todo a la vez al utilizar un procedimiento automático.

En segundo lugar, consideremos las diferencias entre los procesos de solución que utilizan los expertos y los que utilizan los principiantes para resolver problemas de física. LARKIN y otros (1980) observan que los principiantes tienden a trabajar hacia atrás, desde lo desconocido hacia los datos. Por ejemplo, si quieren hallar el valor de C, tratan de resolver la ecuación en la cual C es la variable dependiente, C = A + B. Si no pueden resolver la ecuación

Cuadro 12-18 Diferencia entre expertos y principiantes en la solución de problemas de física

Problema

El problema da valores para cuatro variables, *A*, *K*, *X* e *Y*. El problema pide al lector que encuentre el valor de una variable, *C*. (Basándose en su conocimiento de física, supongamos que son relevantes las siguientes ecuaciones: $C = A + B$, $B = K/L$, $L = X*Y$.)

Principiantes	Expertos
Conocimiento en pequeñas unidades	Conocimiento en unidades grandes
$C = A + B$ $B = K/L$ $L = X*Y$	$C = A + K/(X*Y)$
Resuelve trabajando hacia atrás	Resuelve trabajando hacia adelante
Para hallar *C*, debo usar la fórmula $C = A + B$. Conozco el valor de *A* pero debo hallar el de *B*. Para hallar *B*, debo usar la fórmula $B = K/L$. Conozco el valor de *K*, pero debo hallar el de *L*. Para hallar *L* debo usar la fórmula $L = X*Y$. Conozco *X* e *Y*, de modo que hallo *L*. Puesto que conozco *L* y *K*, ahora puedo resolver la ecuación para *B*. Puesto que conozco *B* y *A*, ahora puedo resolver la primera ecuación para *C*.	Reconozco que es un problema que requiere la fórmula de solución: $C = A + K/(X*Y)$. Coloco los valores de *A*, *K*, *X* e *Y*. Por tanto, puedo calcular el valor de *C*.

*[T]: Estas palabras en inglés tienen cada una varias acepciones posibles.

porque no conocen el valor de una de las variables (en este caso, B), establecen el objetivo de hallar el valor de B a través de una ecuación como B = K ÷ L. Puesto que L no es conocida, deben establecer el objetivo de hallar L por medio de una ecuación L = X × Y. Esto genera el valor de L, que puede usarse para saber el valor de B, y esto puede usarse para hallar el valor de C. Los expertos, por su parte, trabajan desde los datos hacia el objetivo. Por ejemplo, llenan los valores de A, K, X e Y en la ecuación C = A + K ÷ (X×Y); esto genera el valor desconocido C. De modo que los expertos comienzan por

advertir qué tipo de problema tienen delante y luego buscan la solución para resolverlo. Los principiantes utilizan un proceso mucho más gradual de establecimiento continuo de objetivos y luego ven si conocen una ecuación que genere la respuesta que quieren. Estas diferencias se resumen en el cuadro 12-18.

Como vía para convalidar estas observaciones, LARKIN y otros (1980) produjeron programas de computadora que simulaban el rendimiento de resolución de problemas de expertos contra principiantes. El programa experto trabaja hacia delante y utiliza unidades funcionales de amplia escala. El programa principiante trabaja hacia atrás y utiliza unidades pequeñas de conocimiento. El resultado fundamental de los programas es el orden en el que se utilizan las ecuaciones; el programa experto parece seguir el orden utilizado por los expertos humanos y el programa principiante sigue el orden utilizado por los principiantes. Esta es una convalidación independiente de las diferencias en organización del conocimiento y procesos utilizados por expertos y principiantes.

Evaluación

Las dos disciplinas de la psicología científica —el enfoque psicométrico y el enfoque de la psicología experimental— parecen por fin estar avanzando juntas. El enfoque psicométrico tuvo éxito para medir las diferencias individuales, pero no supo interpretar los procesos o las estructuras subyacentes a esas diferencias. El enfoque de la psicología experimental tuvo éxito al describir los procesos y estructuras generales en los humanos, pero fracasó en el trato correcto de las diferencias individuales. Sin embargo, este capítulo señala varias técnicas nuevas que prometen aunar el estudio de las diferencias individuales con el estudio de las características cognitivas internas.

Si bien el enfoque de los correlatos cognitivos, el enfoque de los componentes cognitivos y el enfoque expertos-principiantes son todos bastante nuevos, contribuyen a nuestra mejor comprensión de la capacidad mental. En este capítulo señalamos los problemas de cada enfoque así como sus principales descubrimientos hasta la fecha. Un tema común a los tres enfoques es que las diferencias entre los sujetos de buen rendimiento y los de bajo rendimiento podrían alguna vez ser categorizados en función de diferencias en el conocimiento específico, los procesos automáticos y los procedimientos generales. Es de particular interés la idea de que una buena parte de las diferencias observadas se deben a diferencias en procedimientos aprendidos para controlar el proceso de solución de problemas. Estos descubrimientos son estimulantes porque implican que áreas del comportamiento inteligente podrían enseñarse. Este aspecto es el que considerará directamente el capítulo 13.

Lecturas recomendadas

RESNICK, L. B. *The nature of intelligence.* Hillsdale, N.J.; Erlbaum, 1976. Contiene diversos artículos útiles que describen cómo los psicólogos cognitivos estudian las diferencias individuales de capacidad mental.

STERNBERG, R.J. *Intelligence, information processing and analogical reasoning.* Hillsdale, N.J. Erlbaum, 1977. Es una excelente revisión histórica y resume un proyecto de investigación sobre el análisis de la inteligencia. La edición española de esta obra se encuentra en proceso de preparación y será publicada en breve por Paidós en cuatro volúmenes.

13 Formación para la creatividad: El pensamiento como una destreza adquirible

Creatividad
Las décadas de 1930 y 1940: formación para la creatividad en la industria
La década de 1950: recuperación de resolución de problemas en estudiantes universitarios
La década de 1960: enseñanza del pensamiento productivo a niños de escuela
La década de 1970: formación específica en procedimientos
La década de 1980: conocimiento específico contra destrezas generales

Suponga el lector que lee este aviso del Eastside Mind Builders Club:

> ¿Harto de tener una mente mezquina? ¿Le cuesta resolver problemas sencillos, en casa, en el trabajo o en la escuela? ¡Nosotros tenemos la solución! Siga nuestro curso simple de una semana de construcción de la mente. Tenemos una serie de ejercicios simples para construcción de la mente especialmente diseñados para usted. Garantizamos que cuando usted termine este curso, habrá restado horas del tiempo que le lleva resolver problemas, y habrá añadido una valiosa puntuación a sus cifras de SAT y CI. Llame al teléfono 961 24 72 para su primera cita de prácticas.

Por supuesto, este anuncio es una broma. Sin embargo, existen numerosos programas comerciales que ofrecen seriamente aumentar sus puntuaciones en tests como el SAT o diversos exámenes de graduación, aumentar su eficacia en la resolución de problemas como ejecutivo de negocios, o aumentar su capacidad para obtener buenas notas en la escuela. ¿Son verdaderamente útiles estos programas? ¿Se puede ser más inteligente siguiendo estos cursos? Si es así, ¿cómo funcionan?

En este capítulo nos dedicaremos a estas preguntas. En particular, investigaremos las diversas concepciones de la formación para la creatividad que se han desarrollado desde que se creó el primero de estos cursos en 1930.

¿Cuánto cree el lector que podría incrementar su puntuación de CI con 20 horas de práctica en problemas típicos de estos tests? Deténgase un minuto y escriba las destrezas de pensamiento que usted cree que sería útil enseñar. Luego vea si su lista corresponde a las diversas técnicas presentadas en este capítulo.

* * *

Creatividad

Definición

Si queremos enseñar a las personas a resolver problemas creativamente, debemos en primer lugar definir qué significa «creatividad». De acuerdo con los objetivos de este capítulo, definamos *creatividad* como una actividad cognitiva que tiene como resultado soluciones nuevas de un problema. Por tanto, enseñar creatividad implica enseñar a las personas cómo generar ideas nuevas para una situación dada.

Medición

GUILFORD (1959, 1967) consideró que la aptitud para el pensamiento creador era un rasgo relacionado con varios factores:

Fluencia, capacidad de generar muchas soluciones que responden a algún requerimiento, como por ejemplo, hacer una lista de todos los sinónimos de determinada palabra.

Flexibilidad, la capacidad de cambiar los enfoques a un problema como ser capaz de resolver una serie de tareas cada una de las cuales exige una estrategia diferente.

Originalidad, la capacidad para generar soluciones no habituales, como por ejemplo hallar respuestas únicas.

Al describir estos rasgos mentales básicos, Guilford distinguió entre dos tipos de pensamiento:

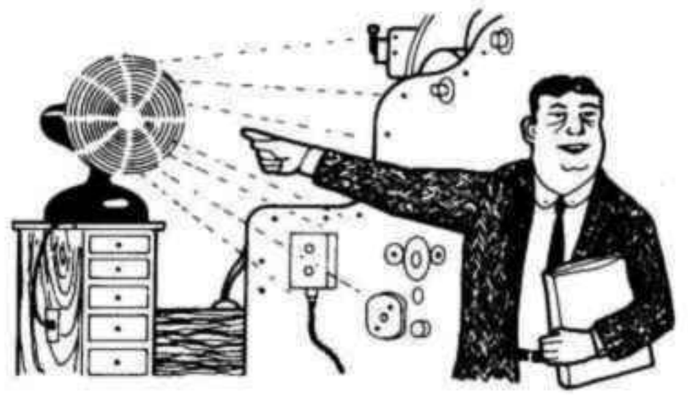
Pensamiento convergente, el pensamiento que procede hacia una sola respuesta, como por ejemplo «33 × 14 = ...».

Pensamiento divergente, el pensamiento que se mueve hacia el problema en muchas direcciones posibles, como por ejemplo «una lista de todos los usos posibles de un ladrillo».

Cuadro 13-1 Algunos problemas de creatividad

Problema 1

Haga una lista de las preguntas que pueda pensar respecto de la figura que se ve a continuación. Haga todas las preguntas que necesite para estar seguro de lo que está sucediendo. No haga preguntas que puedan responderse con solo mirar el dibujo. (Concédase tres minutos de tiempo para hacer la lista de preguntas.)



Problema 2

Suponga que todos los seres humanos nacieran con seis dedos en cada mano en lugar de cinco. Haga una lista de todas las consecuencias e implicaciones que se le ocurran. (Tómese tres minutos.)

Adaptado de TORRANCE (1978). La figura es de *Examples and rationales of test tasks for assessing creative abilities* de E. P. TORRANCE, *Journal of Creative Behavior*, 1968. Vol. 2, N.º 3, publicado por The Creative Education Foundation, Buffalo, Nueva York.

Guilford observó que muchos de los factores que contribuyen a la solución creativa de los problemas están relacionados con el *pensamiento divergente*. Puesto que hay muchos tests estándar de pensamiento divergente, es recomendable que los psicólogos comparen la creatividad con el pensamiento divergente. Por tanto, para medir la creatividad hay que administrar varios tests de pensamiento divergente.

El cuadro 13-1 presenta dos tests estándar de pensamiento divergente. En cada test se presenta a los sujetos un problema y se les pide que generen todas las soluciones posibles al problema, dentro de un tiempo limitado. Obsérvese que en el pensamiento divergente el objetivo es producir muchas respuestas posibles más que deducir lógicamente la única solución.

Para medir el rendimiento del lector en pensamiento divergente, necesitamos examinar diversas características de su respuesta. En primer lugar, la *cantidad* de sus respuestas puede medirse contando cuántas respuestas diferentes

se le ocurrieron. En segundo lugar, la *originalidad* de sus respuestas puede medirse observando cuántas otras personas dieron la misma respuesta o bien con jueces que estimen la originalidad de cada una de las respuestas. En tercer lugar, la *importancia* (o la utilidad) de las respuestas puede medirse viendo si funcionan o pidiendo a jueces que estimen la efectividad de cada respuesta.

Por ejemplo, suponga el lector que sus respuestas al problema de los seis dedos fueran: 1) deberíamos fabricar guantes de seis dedos, 2) habría que volver a diseñar los manillares de las bicicletas, 3) habría que inventar nuevos gestos obscenos, 4) podríamos dar un nuevo apretón de manos secreto, 5) diríamos «choque los seis» en lugar de «choque los cinco» y 6) utilizaríamos un sistema numérico de base 12 en lugar de base 10. Para medir la cantidad, basta con contar las respuestas. Respecto de la originalidad, podemos advertir que cuando pasamos este test a varios individuos, casi todos dicen la respuesta 1. De modo que ésta es baja en originalidad. En cambio, si la respuesta 4 sólo la dan pocas personas, es alta en originalidad. Por último, si los jueces evalúan la importancia de cada respuesta, la 6 puede obtener el puntaje más alto mientras que la 3 el más bajo. Toda formación en pensamiento divergente puede centrarse ya sea en la cantidad, la originalidad o la importancia de las respuestas.

Creatividad y CI (Coeficiente Intelectual)

¿Cuál es la relación entre creatividad e inteligencia? ¿Se puede ser inteligente pero no creativo? ¿Se puede ser creativo sin ser inteligente? Para responder a estas preguntas, GETZELS y JACKSON (1963) distribuyeron tests de inteligencia y creatividad a estudiantes de la escuela secundaria. Para medir la inteligencia utilizaron el test CI estándar. Para medir la creatividad, utilizaron los cinco tests siguientes sugeridos por la obra de Guilford:

Asociación de palabras: dar todas las definiciones posibles de una palabra ordinaria como «ladrar», «tornillo» o «despedir». La puntuación se basa en el número de definiciones y de diferentes categorías de definiciones.

Test de usos: dar todos los usos posibles de objetos comunes como un ladrillo o un clip sujetapapeles. El puntaje estaba basado en el número de usos y en la originalidad de la respuesta.

Formas escondidas: descubrir una forma geométrica escondida en un dibujo más complejo.

Test de fábulas: componer diferentes finales de una fábula inconclusa, incluyendo un final moralista, uno humorístico y uno triste. El puntaje se basa en la propiedad y la originalidad de las respuestas.

Problemas inventados: crear problemas de álgebra con narración utilizando una información básica aportada por el experimentador. El puntaje se basaba en el número, propiedad y complejidad de los problemas.

Como el lector puede ver, cada test de creatividad incluía la generación de muchas soluciones a una situación dada dentro de un período dado de tiempo; en otras palabras, eran tests de pensamiento divergente.

De una muestra de 449 estudiantes, Getzels y Jackson descubrieron algunos con una puntuación muy elevada de CI pero no de creatividad, y algunos estudiantes con una puntuación muy alta en creatividad pero no en inteligencia. Como el lector hubiera podido esperar, hubo pequeñas correlaciones (r) entre puntuación CI y puntuación en los tests de creatividad ($r = 0{,}12$ con $r = 0{,}39$), pero la relación no era para nada perfecta. De manera similar, en un estudio llevado a cabo con 989 estudiantes universitarios de Nueva York, ANASTASI y SCHAEFER (1971) descubrieron bajas correlaciones entre tests de creatividad y tests de CI ($r = 0{,}10$ con $r = 0{,}27$).

Getzels y Jackson observaron que tanto el grupo de alta creatividad como el grupo de alto CI tenían un buen rendimiento escolar, pero los maestros preferían a los alumnos del grupo con CI elevado. Este grupo tendía a lograr el éxito por medio de estándares convencionales, a comportarse como lo deseaban los maestros y a elegir carreras que satisficieran lo que los demás esperaban de ellos. El grupo de estudiantes de alta creatividad utilizaba estándares no convencionales para lograr el éxito; su comportamiento y elecciones de carrera no conformaban las expectativas de los demás. El lector puede obtener alguna idea de las diferencias entre los estudiantes de alto CI y los de alta creatividad observando sus respuestas en el cuadro 13-2. Getzels y Jackson llegaron la conclusión de que la mayor parte de la formación educativa favorece el pensamiento lógico o convergente y no promueve el pensamiento creador o divergente. En lo que resta de este capítulo investigaremos algunas técnicas destinadas a aumentar la creatividad.

Las décadas de 1930 y 1940: formación para la creatividad en la industria

Los primeros cursos estructurados de pensamiento creador y resolución de problemas aparecieron en las décadas de 1930 y 1940. Como DAVIS (1973) señala, estos cursos apuntaban fundamentalmente a incrementar la creatividad de los ingenieros, gerentes, diseñadores de productos y otros miembros de la industria. Por ejemplo, CRAWFORD (1954) inició el primer curso de formación para la creatividad en 1931, que tenía como objetivo aumentar la creatividad de los profesionales. Para que el lector comprenda mejor cómo comenzó la formación para la creatividad, estudiemos brevemente los tres programas prin-

Cuadro 13-2 Respuestas creativas y no creativas a un problema de interpretación de un dibujo

Problema

Escriba una descripción breve del dibujo. El dibujo muestra un hombre sentado en el asiento reclinado de un avión como si estuviera regresando de un viaje de negocios.

Respuesta de un estudiante con CI elevado

El Sr. Suárez regresa a casa después de un exitoso viaje de negocios. Está muy contento y va pensando en su hermosa familia y en la alegría que le causa volver a verlos. Puede imaginarlo, dentro de una hora, el avión aterrizando en el aeropuerto y la Sra. Suárez y sus tres hijos dándole la bienvenida a casa otra vez.

Respuesta de un estudiante con alta creatividad

Este hombre vuela desde Reno donde acaba de ganar el divorcio de su mujer. Ya no podía soportar la vida con ella, le dijo al juez, porque ella usaba mucha crema en la cara por la noche y la cabeza de ella resbalaba sobre la almohada y se le pegaba a él en la cabeza. Ahora está pensando en una crema para la noche antideslizante.

Adaptado de GETZELS y JACKSON (1969)

cipales orientados hacia la industria: el «listado de atributos» de Crawford, la «sugerencia de buenas ideas» de Osborn y la «sinéctica» de Gordon.

Una de las ideas principales del primer curso de CRAWFORD en 1931, y también en sus cursos posteriores, es la utilización de un «listado de atributos». Este procedimiento incluye hacer una lista de los atributos críticos de un producto y luego hacer una lista de algunas modificaciones que podrían hacerse a cada atributo o sugerir la transferencia de atributos de un objeto a otro. Por ejemplo, DAVIS (1973) sugiere el siguiente problema: «¿Qué se puede hacer para mejorar un trozo ordinario de tiza para aula de clases?». En primer lugar, el lector debe hacer una lista de los atributos importantes del objeto, es decir, forma, tamaño, color, dureza y así sucesivamente. Luego, considerar cómo podría modificar los atributos, como por ejemplo, utilizar otros colores que el blanco, o una tiza extralarga. También se debería dar importancia a otros atributos, como por ejemplo un aparato para meter las tizas parecido a una cajita de cigarrillos. En *Techniques of Creative Thinking* (1954, pág. 96) CRAWFORD resume su teoría de la manera siguiente: «Cada vez que damos un paso, lo que hacemos es cambiar un atributo o una cualidad de algo, o aplicar

la misma cualidad o atributo a alguna otra cosa». Siguiendo la línea de Crawford, otros diversos programas de formación han puesto el acento en las «listas para la comprobación de ideas». Por ejemplo, OSBORN (1963) tiene una lista de 73 «preguntas generadoras de ideas», como por ejemplo «¿Qué añadir?» o bien «¿Qué tal una mezcla?», o «¿Hay algunas formas nuevas de usarlo tal cual es?».

Osborn llegó a ser popular por la utilización de técnicas para sugerir ideas nuevas, desde principios de la década de 1940. Según el libro de OSBORN *Applied Imagination* (1963), «la creación de ideas nuevas», «ideas geniales» *(brainstorming)* se logra resolviendo problemas en grupo, siguiendo las reglas que detallamos a continuación:

1. *Ninguna crítica.* Los participantes del grupo deben obedecer el «principio de juicio diferido», es decir, posponer todos los comentarios críticos hasta que haya terminado la primera sesión de «brainstorming».
2. *El objetivo es la cantidad.* Los participantes deben generar todas las ideas que puedan, sin consideración a la calidad de las mismas.
3. *El objetivo es la originalidad.* Los participantes son alentados a generar ideas locas e inusuales, más que intentar ser prácticos.
4. *El objetivo es combinación y mejoramiento.* Los participantes son alentados a trabajar sobre las sugerencias anteriores presentadas durante la sesión.

Así, en estas sesiones de creación de ideas nuevas, el objetivo es generar todas las ideas raras posibles sin criticar ninguna. Osborn afirma: «Se pueden pensar casi el doble de buenas ideas en el mismo lapso de tiempo si se postergan los juicios de valor» (VERVALIN, 1978, pág. 82). Las técnicas de «brainstorming» pueden también ser utilizadas por individuos para resolver problemas.

GORDON (1961) sugirió un programa basado en la «sinéctica», la reunión de elementos aparentemente no relacionados. En su libro *Synectics* (1961), el objetivo fundamental es enseñar a las personas a que utilicen analogías en la resolución de los problemas. Por ejemplo, Gordon describe una sesión de grupo en la cual el problema es diseñar un techo nuevo que se volvería blanco en verano para refractar el calor y negro en invierno para absorberlo. ¿Puede el lector pensar en alguna analogía natural? En el grupo de Gordon, tuvieron la idea de que el lenguado cambia de colores para igualarse a su entorno a medida que nada hacia la profundidad del océano. Esto lo logra por medio de los cromatóforos, pequeñas bolsas de pigmento negro, que se contraen para alcanzar la superficie de la piel o se relajan para retraerse. Después de algunas discusiones acerca de este dispositivo biológico, el grupo diseñó un techo todo negro impregnado con pequeñas bolitas de plástico blancas. Estas bolitas se expandían cuando el techo se calentaba, haciéndolo más claro, y se contraían cuando el techo estaba frío, volviéndolo más oscuro.

EDWARDS (1968) hizo informes acerca de programas de formación para la creatividad realizados en docenas de corporaciones americanas, empresas consultoras y facultades. Diversas compañías afirman que los cursos de formación les hicieron ahorrar dinero, incrementando el desarrollo de productos nuevos y aumentando las ganancias. El curso más antiguo se imparte en la Universidad del Estado de Buffalo desde 1949. La revisión de Edwards sugiere que los programas de creatividad constituyen definitivamente parte de muchos esfuerzos formativos de la industria.

Como el lector puede observar a partir de esta breve descripción, hay una historia sustancial de los programas de formación para la creatividad, que comienza en las décadas de 1930 y 1940. Sin embargo, gran parte de este trabajo fue ignorado por los investigadores del campo de la resolución de problemas. Como DAVIS y SCOTT (1978, pág. 9) señalaran recientemente: «Si bien a los representantes del mundo de los negocios se les abrió una vía muy importante desde la investigación de la creatividad y la aplicación de su teoría psicológica esta línea de comunicación tuvo asombrosamente una sola dirección». De hecho, sería útil para nosotros saber si estos programas de creatividad en la realidad funcionan; y si funcionan, sería útil saber cómo.

Desafortunadamente, las grandes afirmaciones respecto de la efectividad de los cursos de creatividad industrial no siempre fueron apoyadas por una investigación controlada. Por ejemplo, BOUCHARD (1971) observa que la técnica del «brainstorming» que comenzó en 1930 era una «idea firmemente atrincherada» en los años 1950. Sin embargo, el atractivo de estas técnicas quedó bastante disminuido cuando un estudio demostró que cuatro personas trabajando por separado generaban más ideas excepcionales que cuatro personas trabajando en grupo (TAYLOR, BERRY y BLOCK, 1958). Como Bouchard señala, se hicieron muchas réplicas de este descubrimiento. Además, diversos estudios sobre las sesiones de creación de ideas demostraron que las instrucciones para generar ideas inusuales son menos productivas que las instrucciones para generar ideas prácticas (WEISSKOPF-JOELSON y ELISEO, 1961), o que el juicio diferido no es una instrucción eficaz (DUNNETTE, CAMPBELL y JAASTAD, 1963). En resumen, se necesita una investigación muy cuidadosa antes de saber si los programas de creatividad funcionan, y lo que es más importante, cómo funcionan.

La década de 1950: recuperación de resolución de problemas en estudiantes universitarios

El primer gran esfuerzo para mejorar el rendimiento en resolución de problemas de estudiantes universitarios fue realizado por BLOOM y BRODER (1950) en la Universidad de Chicago. Para obtener el grado de bachiller, los estudiantes debían pasar por una serie de exámenes comprensivos sobre varias materias. Podían hacer los exámenes cuando sentían que estaban preparados; cada

examen consistía en una amplia variedad de problemas que abarcaban la materia. Como el lector puede suponer, algunos estudiantes sacaban bastantes buenas notas en los exámenes pero otros no podían pasarlos a pesar de su alta capacidad de estudio y conciencia de trabajo.

Bloom y Broder eligieron un grupo de estudiantes «de recuperación», es decir, los que tenían un bajo rendimiento en los exámenes comprensivos. Los investigadores tuvieron buen cuidado de seleccionar estudiantes de recuperación que tenían un puntaje alto en capacidad escolar (como la medida por el SAT), que aseguraban estudiar mucho, y que afirmaban que el examen no reflejaba lo que ellos sabían. De modo que los estudiantes de recuperación parecían tener la capacidad, la motivación y el conocimiento para obtener un buen puntaje en la resolución de problemas, pero por alguna razón tenían un rendimiento muy bajo. Además, Bloom y Broder eligieron un grupo de estudiantes «modelo», que tenían la misma capacidad escolar general que los anteriores pero que sacaban puntajes altos en los problemas de los exámenes.

¿Cómo podían Bloom y Broder mejorar el rendimiento en la resolución de problemas de los estudiantes que fracasaban? Para responder a esta pregunta, enfrentaron dos aspectos: qué enseñar y cómo enseñar. Para determinar qué es lo que se debía enseñar, Bloom y Broder se vieron obligados a hacer la siguiente distinción:

> *Productos de la solución de problemas*, si el estudiante llega a la respuesta correcta o no.
>
> *Proceso de la solución del problema*, el procedimiento que usan las personas para obtener una respuesta.

Bloom y Broder afirmaron que la investigación anterior había puesto demasiado énfasis en los productos de la solución del problema, en lugar de poner el acento en los procesos implícitos en la resolución creativa de problemas. Dos personas podían llegar a la misma respuesta y utilizar enfoques totalmente diferentes para obtenerlas. Por ejemplo, el cuadro 13-3 muestra un problema típico y las respuestas que dieron tres estudiantes. Los estudiantes generaron el mismo producto en el sentido de que las respuestas finales fueron las mismas, pero sus descripciones del proceso son bastante diferentes. Por ello, BLOOM y BRODER decidieron que la enseñanza de resolución de problemas no debía centrarse en que los estudiantes obtuvieran las respuestas finales correctas sino más bien había que enseñar estrategias para resolver problemas que son útiles para generar respuestas. Afirmaron que los «hábitos para resolver problemas, al igual que otros hábitos, pueden ser alterados por una formación y práctica apropiadas» (1950, pág. 67).

El segundo problema que enfrentaron Bloom y Broder fue desarrollar técnicas para enseñar el proceso de solución del problema. Para descubrir el proceso que utilizaban los que resolvían exitosamente los problemas, pidieron a

Cuadro 13-3 Cómo tres estudiantes resolvieron el problema de la inflación

Problema

Algunos economistas temen que se produzca un boom inflacionario después de la guerra. La opinión de estos economistas es que el gobierno debería controlar el boom para prevenir una depresión como la que siguió a la quiebra de la bolsa en 1929.

A continuación hay una cantidad de sugestiones específicas. En cada uno de los puntos siguientes, *llene* el

espacio de respuesta 1—si fuera *consistente* con la política de controlar el boom, y el
espacio de respuesta 2—si fuera *inconsistente* con esa política.

26. Bajar la reserva que los bancos deben presentar contra los depósitos.
27. Reducir considerablemente los impuestos.
28. Alentar a los bancos federales para que compren divisas en el mercado abierto.

Respuesta de María

María W. (Puntuación 2): (Leo las afirmaciones y las directrices.)
(Leo el ítem 26.) «Miro abajo para ver lo que se supone que debo hacer.»
(Vuelvo a leer las afirmaciones y las directrices.) «No estoy muy segura de lo que estoy haciendo, de modo que vuelvo a leer por tercera vez.» (Vuelvo a leer las afirmaciones y las directrices.)
(Releo el ítem 26.) «No estoy segura de éste, de modo que paso al segundo.»
(Leo el ítem 27.) «Digo inconsistente, porque si existe un boom inflacionario, si las personas ganan más dinero, los impuestos tienen que mantenerse para retirar el dinero de modo que no puedan usarlo.»
(Leo el ítem 28.) «Trato de imaginarme qué implica exactamente.»
(Releo el ítem 26.) «Pierdo el tiempo, digo que el 26 sería consistente —no, que yo sepa, los bancos tienen reservas— la idea es que la gente deposite la mayor cantidad posible —no respondo la 28.»
(Vuelvo a leer el ítem 28.) «Digo inconsistente, creo que es así.»

Diagnóstico: asistemática, da vueltas, utiliza «sentimientos» más que «razonamientos», no tiene confianza en lo que hace.

Respuesta de Jaime

Jaime S. (puntuación 2): (Leo las afirmaciones.) «En otras palabras, la OPA y cosas por el estilo.» (Leo las directrices.) «Dan por sentado que van a controlar el boom.»
(Leo el ítem 26. Releo el ítem 26.) «Eso sería inconsistente.»
(Leo el ítem 27.) «Sería inconsistente porque no se puede tener un boom mayor en tanto se mantengan los impuestos, al menos en mi interpretación del boom —aunque si los impuestos suben, los precios suben— no, me mantengo en mi respuesta.»
(Leo el ítem 28.) «Consistente —sin embargo, pienso que necesito más conocimientos en el tema para decir por qué lo pensé— más que una adivinanza no me parece inconsistente, de modo que pongo consistente.»

Diagnóstico: traslada el problema a algo más familiar (OPA), carencia de conocimiento en la materia, adivina.

Respuesta de Dora

Dora Z. (puntuación 2): (Leo la afirmación y las directrices —acentúo las palabras clave.)
(Leo el ítem 26.) «Si bajan las reservas, aumenta la cantidad de dinero circulante —si aumenta la cantidad de dinero circulante— inconsistente. Aumentando el dinero circulante no se puede controlar un boom.»
(Leo el ítem 27.) «También es inconsistente por la misma razón.»
(Leo el ítem 28.) «Mercado libre —pienso en lo que es el mercado libre—. Pienso que sacaría dinero de circulación y que por tanto sería consistente.»

Diagnóstico: se concentra en las ideas clave, reduce los tres ítems a un problema único, intenta determinar de qué forma la provisión de dinero es afectada por cada ítem, ataca los problemas sobre la base de un principio, es una persona con alta capacidad para resolver problemas.

De Bloom y Broder (1950). © 1950. The University of Chicago Press.

los estudiantes modelo que resolvieran algunos problemas típicos de examen pensando en voz alta en una sesión. En esa sesión se pedía a los estudiantes que describieran lo que iban pensando a medida que encaraban el problema y trabajaban en él. La comparación de los procedimientos (pensados en voz alta) de los estudiantes modelo con los procedimientos utilizados por los estudiantes que fracasaban mostró importantes diferencias. De modo que, como método de instrucción, Bloom y Broder decidieron enseñar a los estudiantes que tenían que recuperar, que imitaran y utilizaran iguales procesos que los estudiantes modelo.

En un experimento típico, por ejemplo, se pedía a los estudiantes de recuperación que resolvieran un problema como el que aparece en el cuadro 13-3, utilizando una técnica de pensar en voz alta. Luego se daba a los estudiantes una transcripción del procedimiento utilizado por un estudiante modelo para el mismo problema. Se pedía a cada estudiante de recuperación que

Cuadro 13-4 Listas de las diferencias entre el modelo y ellos mismos realizadas por los estudiantes

Lista de Juana

1. No consideré necesario formular la regla general.
   Generalización demasiado amplia.
   Verbalización invertida en la realidad.
2. Falta de comprensión de los términos dados.
   Definir e ilustrar como alternativas.
   Yo buscaba «verdadero» o «falso»: otros buscaron «mejor».
   No interpreté adecuadamente las directivas.
   Busqué una respuesta: no tenía una respuesta antes. Mayor grado de inexactitud. (Esto lo hago bien con los silogismos.)
3. El asociaba y aportó un acontecimiento intermedio con fechas. Yo hice lo mismo con la segunda parte, pero no conocía el país.
4. El utilizó una ilustración como prueba.
   Debería establecer criterios de respuesta, y si no fuera bastante, establecer ilustraciones y ejemplos.
5. No separé los términos esenciales de lo que estaba buscando antes de comenzar a leer las alternativas.
   Salté a la conclusión sin llevar adelante un razonamiento ilustrativo.
   Leí los términos cuidadosamente pero no los mantuve en mi mente, los invertí.
6. No definí los términos de las afirmaciones. Fui derecho al ejemplo.
7. Debería aislar las palabras fundamentales. Lo hice bien, sin embargo.
   Descuidada en la selección de alternativas correctas.
   Manteniendo las directrices en la mente, pienso en los términos «verdadero» o «falso» en lugar de «estudio científico», etc.

Lista de Rafael

1. Hallar una regla o fórmula que se aplique al problema en cuestión.
2. Aplicar la regla y formular la respuesta, luego comparar con las respuestas ofrecidas.
3. Avanzar en el problema por la fórmula que se ha generalizado por la aplicación.
4. Las reglas deben tratar el problema específico.
5. Tratar de leer las directrices claramente la primera vez.
6. No responder por adivinanza o suposición.
7. Pensar antes de formular la respuesta.
8. Corriente de pensamiento directo señalando en dirección del problema presentado.
9. Poner el énfasis en las ideas principales del problema, no en todas.
10. Referir las ideas a la pregunta principal del problema.
11. Razonar a partir de conocimiento sabido o de ejemplos.
12. Formular con gráficos el cuadro específico.

De Bloom y Broder (1950). © 1950 The University of Chicago Press.

hiciera una lista en sus propias palabras de las estrategias usadas por el estudiante modelo que el estudiante de recuperación no había utilizado. El experimentador ayudaba a estimular la discusión. Entonces se presentaba a los estudiantes de recuperación otro problema para que pudieran poner en práctica las nuevas técnicas. Se repitió el procedimiento con nuevos problemas. El cuadro 13-4 muestra las diferencias que los estudiantes hallaron entre su manera de responder a las preguntas y cómo lo hacían los estudiantes modelo. Tras 10 o 12 sesiones de entrenamiento, en las cuales comparaban continuamente sus procedimientos para resolver problemas con los de los estudiantes modelo en problemas específicos, los estudiantes de recuperación estaban preparados para rendir sus exámenes. Experimentos posteriores utilizaron grupos de estudiantes de recuperación y estudiantes modelo, y emplearon los mismos métodos generales.

Los resultados de esta investigación son alentadores. Los estudiantes que participaron en la instrucción lograron unos puntajes promedio de 0,49 a 0,68 más altos en el examen que los grupos que no habían realizado el entrenamiento. Además, los estudiantes que realizaron el entrenamiento mostraron niveles más altos de confianza y optimismo respecto de sus recién adquiridas capacidades para resolver problemas. Sin embargo, Bloom y Broder nos advierten que sería erróneo concluir que es posible enseñar procesos generales para la resolución de problemas: «Queda claro que es necesaria alguna información específica para la solución de los problemas de examen y que es indispensable una cierta cantidad de material de base por parte del sujeto. Resulta evidente que los métodos para resolver problemas, por sí mismos, no constituyen un sustituto del conocimiento básico de la materia en cuestión» (1950, págs. 76-77). Así, podemos decir que las contribuciones fundamentales de Bloom y Broder en este terreno son el énfasis sobre el proceso más que sobre el producto, el refinamiento de las técnicas de «pensar en voz alta» y el descubrimiento de que para resolver con éxito un problema en un campo dado son necesarios tanto los procedimientos generales como un conocimiento específico.

La década de 1960: enseñanza del pensamiento productivo a los escolares

Mientras que en 1950 aparecieron modestos estudios como el proyecto de Bloom y Broder, durante la década del 60 se produjo un intenso crecimiento en el tamaño y número de los proyectos, y esta década estuvo marcada por la innovación y la experimentación en la educación americana. Se diseñaron numerosos programas para enseñar destrezas para resolver problemas en todas las escuelas del país. Estos son algunos de los proyectos más conocidos:

Cuadro 13-5 Fragmento del programa de pensamiento productivo

El locutor de la TV: «Siguiendo el robo, las cosas se mueven rápidamente. El capitán del barco llamó a la policía de Elmtown. Cuando el barco amarró en Elmtown, la policía ya estaba esperando. Nadie pudo abandonar el barco excepto la policía y el camarógrafo de la TV.»

«Aquí tenemos al jefe de policía en el barco, diciendo a nuestro reportero lo que ha sucedido hasta ahora.»

Programa de pensamiento productivo. Diseñado para aumentar las aptitudes para resolver problemas en los estudiantes de quinto y sexto grado por medio de prácticas para resolver historias de misterio y detectivescas (Covington, Crutchfield y Davies, 1966; Covington, Crutchfield, Davies y Olton, 1974).

Entrenamiento para la investigación. Diseñado para enseñar a resolver problemas en la ciencia pidiendo a los estudiantes que reaccionen ante una película o una demostración en vivo (Suchman, 1960, 1966, 1968).

Pensar creativamente. Libro de trabajo presentado bajo la forma de una discusión humorística entre varios personajes de dibujos animados (Davis y Houtman, 1968).

Libros de ideas de Myers-Torrance. Libros de trabajo para niños de la escuela elemental con prácticas para resolver problemas de creatividad (Myers y Torrance, 1964).

Programa de creatividad Purdue (Feldhusen, Treffinger y Bahlke, 1970). Conjunto de programas en cintas grabadas con ejercicios diseñados para fomentar el pensamiento divergente en los niños de cuarto grado.

Programa Parnes. Basado en las técnicas de Osborn (1963) para la creación de ideas nuevas (Parnes, 1967).

Antes de que Lila diga su idea, ¿qué piensa el lector de otros posibles sospechosos? Utilice su libro de respuestas para escribir todas las ideas que se le vayan ocurriendo.

¿Qué personas aparte de Luis podrían ser el ladrón?

Existen varias personas aparte de Luis que podrían haber robado el dinero. El lector habrá pensado en el camarero que llamó al Sr. Burk al teléfono, o también incluso habrá pensado en el capitán del barco.
Lila tiene otra posible sospecha.

(continúa)

Cuadro 13-5 Continuación

El tío Juan tiene razón. Siempre se pueden pensar más ideas. Y el lector nunca debe temer hablar de sus ideas.

De Covington, Crutchfield, Davies y Olton (1974)

Miremos un poco más de cerca el programa de pensamiento productivo, puesto que ha sido el proyecto más estudiado. Al igual que el programa de Bloom y Broder, el programa de pensamiento productivo se centra en la enseñanza de los procesos de la resolución de problemas y utiliza la imitación de modelos como técnica de enseñanza. Pero, a diferencia del proyecto de Bloom y Broder, el programa de pensamiento productivo es un conjunto de folletos que se autoadministran a ritmo del usuario, y no una serie de diálogos interpersonales. Está destinado a niños de la escuela elemental más que a estudiantes superiores y pone el énfasis en problemas de detectives más que en problemas de exámenes.

El programa de pensamiento productivo consta de 15 folletos semejantes a historietas, cada uno de alrededor de 30 páginas. Cada folleto narra una historia de misterio o de detectives que los niños deben resolver. Los cuentos tienen como personajes a dos niños, Jaime y Lila, así como Juan, el tío de Jaime, y el Sr. Buscar. Cada historia presenta una serie de claves o hechos y el alumno debe responder preguntas dirigidas a «replantear el problema con sus propias palabras», «formulando sus propias preguntas», y «generando ideas para

Cuadro 13-6 Algunas destrezas para resolver problemas que se enseñan en el programa de pensamiento productivo

1. Tómese tiempo para reflexionar sobre el problema antes de empezar a trabajar. Decida exactamente qué problema es el que intenta resolver.
2. Tenga in mente con claridad todos los hechos del problema.
3. Trabaje en el problema de manera planificada.
4. Mantenga una mente abierta. No salte a conclusiones acerca de la respuesta a un problema.
5. Piense en muchas ideas nuevas para resolver un problema. No se contente con unas pocas.
6. Intente pensar en ideas desacostumbradas.
7. Como forma para obtener ideas, escoja los objetos importantes y personas importantes del problema y piense cuidadosamente sobre cada uno.
8. Piense en varias posibilidades generales para una solución y luego imagine muchas ideas particulares para cada posibilidad.
9. Mientras busca ideas, explore con su mente lo que le rodea. Casi todo puede sugerir ideas para una solución.
10. Compruebe siempre cada idea con los hechos para decir cuán adecuada es la idea.
11. Si se atasca en un problema, siga intentándolo. No se desaliente.
12. Cuando se quede sin ideas, trate de mirar el problema desde una perspectiva nueva y diferente.
13. Vuelva y revise todos los hechos del problema para estar seguro de no haber olvidado algo importante.
14. Comience con una idea improbable. Sólo suponga que es posible e imagine cómo podría ser.
15. Preste atención a los hechos raros o intrigantes del problema. Explicarlos puede darle nuevas ideas para la solución.
16. Cuando en un problema aparecen varias cosas desconcertantes, intente explicarlas con una sola idea que las conecte a todas.

Adaptado de Covington, Crutchfield, Davies y Olton (1974)

resolver el misterio» (Covington y Crutchfield, 1965, pág. 3). Cuando el niño genera algunas respuestas o ideas, Jaime o Lila dan las suyas. De esa forma Jaime y Lila actúan como modelos a emular. Como todos los modelos realistas, al comienzo cometen algunos errores, pero eventualmente aprenden a resolver el problema. Los adultos de la historia aportan intuiciones, señalan rasgos positivos o negativos de los procesos de Jaime y Lila y tratan de mantener altos niveles de diversión. Así, a medida que los alumnos leen los folletos, se ven comprometidos en la resolución de un caso y regularmente se les presenta un repaso.

El cuadro 13-5 muestra algunas páginas de una de las primeras lecciones del programa, «El robo del barco». A medida que el lector lee la lección va recibiendo información y se le pide que dé una respuesta. Luego hay un repaso y se ve cómo Jaime y Lila responden. Por último, el tío Juan guía y ana-

Cuadro 13-7 El problema de la pobreza. Test utilizado para medir la efectividad de un programa de pensamiento productivo

Un problema de pobreza en un país de abundancia.

Cuando los americanos viajan al extranjero, a veces les preguntan cómo puede ser que los Estados Unidos, la nación más rica del mundo, se vea enfrentada al gran problema de la pobreza de gran parte de su población.

Algunas personas de otras naciones dicen que están asombradas por el hecho de que, a pesar de la gran riqueza de nuestra nación, muchas de nuestras ciudades tienen grandes suburbios, muchas de nuestras gentes dependen para su sustento de los fondos de la seguridad social y muchos de ellos no comparten el sueño americano de gozar un alto nivel de vida.

Ahora, supón que tú y tu familia estáis visitando este verano un país extranjero. Algunos niños de tu edad de ese país te preguntan por qué en los Estados Unidos hay ese problema de la pobreza. ¿Qué les dirías?

Tómate tiempo para pensarlo, luego escribe abajo lo que les dirías sobre este desconcertante problema de la pobreza en una tierra de abundancia. (Hay varias páginas en blanco adicionales en las que puedes escribir todo lo que quieras.)

De Olton y Crutchfield (1969)

liza los procesos de Jaime y Lila (si el lector lee cuidadosamente todo el libro, descubrirá que el culpable era el Sr. Larkin, el administrador del banco).

Cada lección está destinada a enseñar varias estrategias básicas para resolver problemas, cuya lista se hace en el cuadro 13-6. Por ejemplo «El robo del barco» intenta enseñar los procesos 4, 5, 6, 9, 11 y 15.

¿Resulta eficaz el programa de pensamiento productivo para mejorar las capacidades de los niños para resolver problemas? Esta pregunta se consideró en una docena de estudios, en los que participan cientos de estudiantes (Mansfield, Busse y Krepelka, 1978). Por ejemplo, en un estudio anterior realizado por Olton y Crutchfield (1969) se dio un entrenamiento intensivo en pensamiento productivo a una clase de niños de quinto grado, mientras que a otra clase formada por niños de CI, edad y rendimiento semejantes no se le dio ningún entrenamiento. Todos los estudiantes realizaron la misma batería de pretests (pasados antes del programa), los mismos postests (inmediatamente después del programa de formación) y los mismos tests de control (pasados seis meses después). El cuadro 13-7 presenta un test típico y el cuadro 13-8 resume algunos de los tests que se administraron a los alumnos. Muchos de los problemas del test se parecen a las historias de misterio y de detectives de los folletos de instrucción.

Los resultados parecen demostrar la efectividad del programa. Como se esperaba, no hubo diferencias entre los dos grupos al resolver los problemas del pretest, lo cual indicaba que ambos grupos comenzaban con el mismo nivel de capacidad para resolver problemas. En cambio, el grupo entrenado tuvo un

Cuadro 13-8 Tests seleccionados y administrados para estudiar la eficacia del programa de pensamiento productivo

Pretests	
Controlar el clima	El alumno piensa en varias consecuencias de la capacidad futura del hombre para controlar el clima.
Proyecto de una ciudad	El alumno se identifica con un voluntario de los cuerpos de paz que debe acostumbrarse a los hábitos y costumbres de una ciudad tribal. Entonces, sin ofender estas costumbres, debe imaginar formas en que los habitantes puedan ganar dinero para sus necesidades.
Postests	
Trasplante de órganos	El alumno piensa en varias consecuencias de la capacidad médica futura del hombre para trasplantar órganos del cuerpo de una persona a otra.
El problema de la «Casa Negra»	El alumno intenta resolver un problema de un misterio desconcertante en el cual debe hacer una reorganización interna total de los elementos del problema.
Tests de seguimiento	
El problema de la joya perdida	El alumno intenta resolver un misterioso problema en el que debe hacer una reorganización interna total de los elementos del problema.
La tumba sin nombre	El alumno trabaja sobre un problema de arqueología hipotético en el que debe descubrir cuál de 10 posibles sospechosos está enterrado en una tumba sin nombre.

De Olton y Crutchfield (1969), de *Trends and issues in developmental psychology*, compilado por Paul Mussen, Jonas Langer y Martin Covington. © 1969. Holt, Rinehart y Winston, Inc. Reproducido con autorización de Holt Rinehart, y Winston, CBS College Publishing, una división de CBS Inc.

puntaje significativamente superior que el grupo no entrenado en los postests (55 por ciento contra 37 por ciento de respuestas correctas) y en los tests de control (57 por ciento contra 34 por ciento de respuestas correctas).

Sin embargo, al interpretar estos resultados, el lector debe recordar tres cosas. En primer lugar, éste era un estudio de evaluación que apuntaba funda-

mentalmente a valorar la efectividad de un programa de instrucción; no era una investigación teórica destinada a decirnos por qué o cómo funciona el entrenamiento. En segundo lugar, puesto que los tests cubrían problemas semejantes al formato de las historias de misterio de las lecciones de instrucción, no hay evidencia alguna de que el entrenamiento se transfiera a situaciones reales y nuevas. En tercer lugar, como en todo estudio de evaluación, el lector debe preguntarse si existen otras explicaciones posibles de los resultados; entre éstas, por ejemplo, la posibilidad de que los sujetos del grupo de entrenamiento se hayan esforzado más porque se suponía que lo harían mejor, que el maestro del grupo experimental estuviera tan entusiasmado por el proyecto que los niños se sintieran motivados, o que los alumnos simplemente estuvieran aprendiendo lo que el maestro quería decir con determinadas preguntas. (Una buena tarea creativa de resolución de problemas hubiera sido hacer una lista de todas las críticas posibles a este estudio.)

Por último, el lector debe preguntar si otros estudios de evaluación tienen resultados tan positivos como éste. En las investigaciones que utilizan muestras más amplias y controles metodológicos más fuertes, a veces los efectos resultan mucho más débiles. En los estudios pequeños, en que los maestros y los estudiantes pueden ser cuidadosamente seleccionados y entrenados, y en que todo el mundo sabe que está participando en un proyecto especial, es más fácil obtener resultados fuertes. En una cuidadosa revisión de 12 estudios, Mansfield, Busse y Krepelka (1978, pág. 522) llegaron a la conclusión de que en muchos casos hay evidencia de que el programa de pensamiento productivo mejora el rendimiento en problemas semejantes a los de las lecciones; sin embargo, «no queda claro si los efectos del entrenamiento son suficientemente generalizables como para resultar útiles en las situaciones en que hay que resolver problemas de la vida real».

Además, la mayoría de los otros programas ampliamente adaptados parecen elevar el rendimiento especialmente en las clases de problemas que enseñan a resolver (Mansfield, Busse y Krepelka, 1978). Así, Mansfield y sus colaboradores resumen esos estudios señalando que «la mayoría de los estudios de evaluación de programas de entrenamiento para la creatividad parecen apoyar el punto de vista de que la creatividad puede ser enseñada», pero «sólo hay una evidencia limitada e inconsistente de que se transfiera a problemas distintos» (1978, pág. 531).

Torrance (1972) revisó 142 estudios sobre la efectividad de diversos programas de entrenamiento para la creatividad. De los programas agrupados, como los de la lista que aparece al principio de esta sección, se descubrió algún aumento de la creatividad en 38 de 47 estudios. Sin embargo, como señala Torrance, los programas tendían a funcionar bien sólo cuando un maestro estaba profundamente implicado; además, muchos de los estudios utilizaron problemas como los que se muestran en el cuadro 13-1, pertenecientes a los Tests de Torrance de Pensamiento Productivo (Torrance, 1966). De modo que no

hay una evidencia fuerte respecto de si los cursos elevaron la creatividad en la resolución de problemas reales.

Estos resultados ambiguos, sin embargo, no parecen eliminar el interés de los programas de entrenamiento de creatividad para las escuelas. Por ejemplo, Treffinger y Gowan (1971) reunieron una lista de cientos de programas y materiales para el entrenamiento creativo. Lo que se necesita, por supuesto, es una teoría básica de cómo las personas utilizan la información estratégica para resolver problemas. Más adelante, en este capítulo, consideraremos el comienzo de dicha teoría.

La década de 1970: entrenamiento específico de procesos

Uno de los cursos de solución de problemas más populares en la década de 1970 es el de Rubinstein (1975, 1980), *Patterns of Problem Solving*. Es un curso real (Engineering II) que se enseña en la Universidad de California, Los Angeles, desde 1969. Este curso atrae una matrícula anual de 1200 estudiantes, y funcionan 12 secciones por cuatrimestre. En otras universidades se utilizan versiones modificadas de este curso.

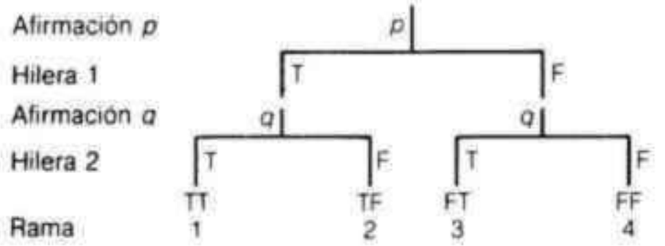
El curso está basado en el libro de texto de Rubinstein, *Patterns of Problem Solving* (1975). La primera mitad del libro está dedicada a los instrumentos para resolver problemas, como por ejemplo, la forma de utilizar los diagramas arbóreos o los gráficos de flujo para representar un problema, cómo utilizar los modelos matemáticos para representar una teoría y cómo trabajar con la probabilidad. El resto son ejemplos de cómo resolver problemas específicos, tomados especialmente de la física y la ingeniería.

Por ejemplo, Rubinstein analiza cómo utilizar diagramas arbóreos en problemas de lógica. Suponga el lector que tiene dos afirmaciones (llamémoslas p y q) y cada una de ellas puede ser o verdadera o falsa (digamos V o F). Esto significa que existen cuatro combinaciones de los diversos valores de verdad de p y q, como se muestra en el cuadro 13-9. Además, se pide a los estudiantes que resuelvan los problemas utilizando sus capacidades recién adquiridas, como por ejemplo resolver un problema lógico que implica la utilización de un diagrama arbóreo.

Durante las 10 semanas que dura el curso, los estudiantes leen el libro de texto, resuelven ejercicios, realizan proyectos independientes y se reúnen en grupos para discutir y mejorar las estrategias de resolución de problemas. Así, al igual que otros instructores que se centran en el *proceso* de resolución del problema, Rubinstein parece creer que existen determinados procesos generales y procesos específicos que pueden describirse y enseñarse. Este curso comienza con procesos generales y luego pasa a los procesos específicos a ciertos campos como la ingeniería.

¿Qué es lo que los alumnos aprenden de este curso? Desafortunadamente

Cuadro 13-9 Ejemplo de diagrama arbóreo



De RUBINSTEIN (1975). *Patterns of problem solving.* © 1975, pág. 55. Reproducido con autorización de Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J.

no podemos responder con precisión a esta pregunta. Como ha señalado REIF (1980), no hubo ningún intento de evaluar objetivamente este curso, a pesar de su larga historia. RUBINSTEIN (1980, pág. 32) ofrece testimonios de los estudiantes, como la observación de que «los estudiantes encuentran que el curso es muy esclarecedor». Sin embargo, estos testimonios no son para nada fiables. Los únicos datos consistentes aportados por RUBINSTEIN (1980) es un resumen de un estudio inédito realizado por uno de sus colegas que utiliza un curso parecido en otra universidad; este estudio afirma que el curso fue responsable de mejoras sustanciales en el puntaje CI medido y comparando las puntuaciones de los pretests y postests. Sin embargo, el lector debe mantenerse escéptico respecto de las afirmaciones de que un curso mejore el coeficiente intelectual (CI). Por ejemplo, al analizar el informe desde el punto de vista de un psicólogo experimental, HAYES se vio forzado a concluir: «Simplemente no creo en el resultado» (1980, pág. 144). La razón de que no creyera en el resultado es que existe evidencia creciente de que una buena resolución de un problema requiere gran cantidad de conocimiento específico del campo, como se verá en la sección siguiente.

SCHOENFELD (1979) da un informe sobre un estudio mejor controlado, en el cual se enseñaba «heurística» o procesos para resolver problemas que estaban directamente relacionados con la resolución de problemas matemáticos. Todos los sujetos pasaban por un pretest de cinco problemas y un postest de cinco problemas, consistentes en pruebas, problemas complejos de álgebra, problemas de sumas de series y cosas por el estilo. Todos los sujetos recibían instrucciones escritas y grabadas en cassettes sobre cómo resolver 20 problemas durante varias sesiones a lo largo de dos semanas. El grupo experimental recibió una lista y una descripción de cinco procesos útiles, como se muestra en el cuadro 13-10. Los sujetos experimentales resolvían todos los problemas de una sesión con un mismo proceso y se les decía explícitamente que tal problema dado debía resolverse con tal proceso particular. Al grupo control se le

Cuadro 13-10 Cinco procedimientos para resolver problemas de Schoenfeld

1. Dibuje un diagrama si es posible.
   Aunque finalmente resuelva el problema por medios algebraicos u otros, un diagrama puede ayudarle a «sentir» el problema. Puede sugerir ideas o respuestas posibles. Incluso se puede resolver el problema gráficamente.

2. Si existe un parámetro entero, busque un argumento inductivo.
   ¿Hay una «*n*» y otro parámetro del problema que tome un valor entero? Si necesita una fórmula para $f(n)$, puede intentar una de éstas:
   A) Calcular $f(1)$, $f(2)$, $f(3)$, $f(4)$, $f(5)$; haga una lista ordenada y vea si hay un patrón. Si lo hay, puede verificarlo por inducción.
   B) Vea lo que sucede si pasa de n objetos a $n + 1$. Si puede decir cómo pasar de $f(n)$ a $f(n+1)$ puede construir $f(n)$ inductivamente.

3. Argumentos por contradicción o contrapositivos.
   Contrapositivo: en lugar de probar la afirmación «Si X es verdad entonces Y es verdad», puede probar la afirmación equivalente «Si Y es falsa entonces X debe ser falsa.»
   Contradicción: asuma, en pro del argumento, que la afirmación que querría hacer es falsa. Utilizando ese presupuesto, trate de probar que una de las condiciones dadas del problema es falsa, que algo que Ud. sabe que es verdadero es falso, o que lo que Ud. desea probar es verdadero. Si puede hacer alguna de estas cosas, entonces ha probado lo que deseaba.
   Estas dos técnicas son especialmente útiles cuando resulta difícil comenzar con un argumento directo porque tiene poco con qué trabajar. Si negar una afirmación le da algo sólido para manipular, ésa puede ser la técnica a utilizar.

4. Considere un problema similar con menos variables.
   Si el problema tiene una gran cantidad de variables y se presta a confusión impidiendo trabajar cómodamente, construya y resuelva un problema semejante con menos variables. Entonces será capaz de:
   A) Adaptar el método de solución al problema más complejo.
   B) Tomar el resultado del problema simple y trabajar a partir de allí.

5. Tratar de establecer subobjetivos.
   ¿Puede obtener parte de la respuesta, y tal vez avanzar a partir de allí? ¿Puede componer el problema para combinar una serie de resultados más fáciles y obtener el resultado total deseado?

De SCHOENFELD (1979)

dio el mismo conjunto de 20 problemas y las mismas instrucciones escritas y grabadas, excepto que no había ninguna lista de heurística, ninguna mención explícita del proceso que había que utilizar con determinados problemas y los problemas que se presentaban en una sesión no pertenecían todos al mismo tipo de proceso.

Aunque Schoenfeld sólo utilizó siete sujetos, descubrió algunos resultados interesantes. El grupo experimental aumentó de un promedio de 20 por ciento de respuestas correctas en el pretest a un promedio de 65 por ciento en el postest, mientras que el grupo control mantuvo un 25 por ciento de respuestas correctas en ambos tests. El análisis de los comentarios de los sujetos durante el postest indica que el grupo experimental fue capaz de hacer un uso efectivo de los diversos tipos de heurísticas, mientras que el grupo de control no pudo hacerlo. Estos resultados preliminares sugieren que podría ser efectivo enseñar heurística dentro del contexto de un terreno específico de resolución de problemas, como por ejemplo las matemáticas.

¿Es posible enseñar explícitamente heurística en las matemáticas de la escuela primaria así como Schoenfeld pudo enseñarla en niveles superiores? Carpenter (1980) realizó un estudio longitudinal de los procesos que los niños utilizaban en los primeros grados para resolver problemas de suma y resta. Un procedimiento utilizado por algunos niños con inventiva se denominó «descomposición». Como ejemplo de descomposición, veamos cómo un estudiante resolvió el problema 4 + 7 = ...: «Siete y tres son diez, de modo que pongo uno más y tengo once». De manera semejante otra niña explicó su solución a 6 + 8 = ... como sigue: «6 + 6 = 12 y 2 más es 14». Otro procedimiento común es la compensación. Veamos cómo un alumno resolvió 4 + 9 = ...: «Diez sumado a 4 es 14 y 1 menos que 14 es 13». Otro alumno describió el razonamiento para 6 + 8 = ... de la manera siguiente: «Tomo uno de 8 y se lo pongo al 6. 7 + 7 = 14». Los alumnos utilizaron técnicas similares también para resolver los problemas de resta.

Thornton (1978) realizó una serie de experimentos para determinar si procedimientos de este tipo podían enseñarse en segundo y cuarto grados. Algunos alumnos (el grupo experimental) recibieron un entrenamiento de procesos como éstos durante 20 minutos diarios, tres días semanales durante 8 semanas. Otros alumnos (el grupo control) aprendieron su aritmética de la manera tradicional utilizando el mismo tiempo de clase. El grupo experimental tuvo un rendimiento muy superior en el postest y un test demorado de retención que medía la capacidad de los alumnos para resolver problemas aritméticos. En realidad, el rendimiento del grupo control decayó en algunos problemas durante el entrenamiento, mientras que aumentó notablemente en el grupo experimental. Estos resultados complementan los de Schoenfeld y sugieren que los niños pequeños pueden aprender y utilizar la heurística de resolución de problemas para tipos específicos de problemas.

La década de 1980: conocimiento específico contra destrezas generales

Como lo revelan las páginas precedentes, se han hecho numerosos intentos de enseñar cómo se resuelve un problema. Los primeros intentos estuvieron motivados por la necesidad de creatividad en la industria, y los proyectos posteriores apuntaban a mejorar la resolución de problemas de los niños escolares y los estudiantes universitarios. La evaluación general de los programas exitosos de entrenamiento es que parecen mejorar el rendimiento en problemas que se parecen a los de la instrucción.

El enfoque actual al tema de la formación para la creatividad es en cierto modo diferente al listado de buenos hábitos y el optimismo exagerado de los primeros trabajos. Entre los psicólogos cognitivos parecen haberse impuesto dos ideas fundamentales. Para llegar a resolver con maestría problemas en determinado terreno, hay que 1) aprender gran cantidad de conocimiento específico del campo y 2) adquirir algunos procedimientos generales para la resolución de problemas que puedan aplicarse al conocimiento básico. Consideremos la fundamentación de cada uno de estos puntos.

Resolver problemas exige un conocimiento específico

Existen diversas fuentes recientes de evidencia respecto de que aprender a resolver problemas diestramente requiere una gran cantidad de conocimiento específico. Por ejemplo, considere el lector qué debe aprender para ser un gran jugador de ajedrez. De acuerdo con estimaciones de Simon (1980), un gran maestro debe tener un repertorio de cerca de 50 000 posiciones en el tablero, es decir, configuraciones de las piezas que significan algo. El tiempo necesario para llegar a ser un gran maestro tradicionalmente es 10 años a partir de que la persona comienza a jugar al ajedrez, presumiblemente porque ése es el tiempo necesario para aprender el número necesario de configuraciones del tablero. Hace poco Hayes estudió biografías de grandes compositores y encontró un apoyo similar a la regla de los 10 años: lleva al menos 10 años desde el momento en que comenzaron a tocar su instrumento hasta su primer gran producción. Por último, Norman (1980) calculó que los grandes cocineros necesitan aproximadamente 50 000 «prácticas de cocina» acerca de la preparación y cocinado de los alimentos.

Los programas de computadoras que resuelven problemas, aportan evidencia adicional. Por ejemplo, suponga el lector que quiere llegar a ser médico, conocido por su excelente capacidad para diagnosticar. ¿Qué destrezas de resolución de problemas necesitaría? Problemas de computadoras recientes llamados INTERNISTA (Pople, 1977) y MYCIN (Shortliffe, 1976) se han creado para hacer diagnósticos médicos. Para que estos programas puedan tomar decisiones, requieren una base masiva de información. En resumen, deben tener una gran cantidad de conocimiento específico respecto de las probabilidades de que determinado conjunto de síntomas esté relacionado con determinadas enfermedades. Unas pocas técnicas rápidas y generales de resolución de problemas no son suficientes para otorgar precisión a estos programas.

Esta evidencia condujo a SIMON (1980, pág. 82) a la conclusión de que «no existe ninguna maestría sin conocimiento, un conocimiento extensivo y accesible». Igualmente GREENO (1980, pág. 21) llegó a la conclusión que «no hay ninguna base en el conocimiento científico actual para cambiar nuestra línea presente de formación disciplinada intensiva de los individuos que aspiran a realizar cambios creadores en los campos en que han elegido trabajar». En otras palabras, unas pocas horas de entrenamiento en «destrezas generales para resolver problemas» no tendrán el mismo efecto que años de adquisición de conocimiento específico relacionado con el interés particular. Las personas pueden realizar bien tareas como estudios de mercado, o hacer comidas para gourmets, o dirigir una oficina, o diseñar productos mejorados, o resolver discusiones científicas en parte porque poseen un conocimiento específico extenso en esos respectivos campos.

Resolver problemas requiere destrezas generales

Además de una amplia y utilizable base de conocimientos, los expertos en resolver problemas también necesitan procesos para operar sobre ese conocimiento. Por ejemplo, GREENO (1980) sugiere que dos destrezas importantes son: la «planificación» o sea utilizar un análisis de medios y fines, y la «representación» o sea la comprensión del problema. SIMON sugiere que el conocimiento específico y las destrezas generales para resolver problemas son como tijeras: «Las tijeras tienen en verdad dos cuchillas y... la educación profesional eficaz llama la atención tanto sobre el conocimiento específico en la materia como sobre las destrezas generales» (1980, pág. 86).

La evidencia del papel de las destrezas generales proviene de diversas fuentes. Una fuente de evidencia son los programas de computadora que resuelven problemas, como los programas de diagnóstico médico mencionados anteriormente; también requieren un conjunto de técnicas para establecer objetivos y para planificar y manipular la información. De manera similar, el programa de GREENO (1978) para resolver problemas geométricos requiere un grupo amplio de destrezas que él denomina «conocimiento estratégico».

Existe también un cuerpo creciente de apoyo empírico para la idea de que la heurística de resolución de problemas puede enseñarse mejor dentro de campos específicos, como parte de las matemáticas o de la educación científica. Por ejemplo, los estudios de Schoenfeld y de Thornton de la sección anterior sugieren que la heurística puede enseñarse explícitamente dentro del contexto de las matemáticas.

Investigaciones futuras

Existen razones alentadoras en relación con el nuevo interés que muestran

los psicólogos experimentales por los problemas prácticos, tales como si es posible enseñar a resolver problemas. Recientemente, NORMAN propuso la creación de una disciplina de «ingeniería cognitiva»: «Necesitamos desarrollar los principios generales de cómo aprender, cómo recordar, cómo resolver problemas y luego desarrollar cursos aplicados, y luego establecer el lugar que deben ocupar estos métodos en un currículum académico» (1980, pág. 97). También LOCHHEAD ha propuesto (1979, pág. 1) lo que él denomina «instrucción de los procesos cognitivos»: «Deberíamos enseñar a los estudiantes cómo pensar».

Estas ideas no son nuevas. Lo que es nuevo, sin embargo, es el optimismo de los psicólogos acerca de que la psicología podría madurar tanto como para contribuir de forma útil al diseño de cursos para resolver problemas. Como el lector puede ver, existen dos extremos en la instrucción para resolver problemas —aprendizaje intensivo en el terreno específico contra destrezas generales para resolver problemas—. Por cierto que la mayoría de los psicólogos optarían por un compromiso, aunque todavía no existe un consenso acerca de cuánta información específica y cuánta información general debería contener un curso de resolución de problemas.

SIMON (1980) expresa una idea típica. Sugiere que se podría enseñar a resolver problemas dentro del contexto de una materia específica como las matemáticas. Para lograr más experiencia, los alumnos deberían ver muchos ejemplos realizados y luego resolver muchos problemas prácticos. Los procesos generales de establecer objetivos y de representarse los problemas deberían enseñarse dentro del contexto de los problemas específicos, poniendo el énfasis en las condiciones bajo las cuales deben o no realizarse determinadas operaciones. También existe la prometedora idea de que «los entrenamientos con computadoras» formarán parte algún día del entrenamiento para resolver problemas (GOLDSTEIN y BROWN, 1979; GOLDSTEIN, 1980). Por ejemplo, un alumno puede sentarse ante un terminal y proceder a resolver un problema, mientras la computadora le da información acerca de las posibles estrategias y las claves acerca de la estrategia que está utilizando en el momento.

Evaluación

Si hacemos una votación entre los promotores de programas de formación para la creatividad, hallaremos un apoyo abrumador para la idea de que la capacidad general para resolver problemas puede enseñarse. Es típica la siguiente afirmación de POLYA (1960, pág. 9): «Resolver problemas es un arte práctico, como nadar, como esquiar, como tocar el piano; es posible aprenderlo por medio de la imitación y la práctica». Sin embargo, un examen más detenido de los procedimientos de Polya (véase capítulo 3) sugiere que están estrechamente relacionados con tipos específicos de problemas, especialmente problemas matemáticos.

Este capítulo sigue el desarrollo del entrenamiento para la creatividad desde los programas industriales de 1930 y los proyectos de currículum de 1960 hasta el nuevo campo de la ingeniería cognitiva en 1980. ¿Qué hemos aprendido? A pesar de las rotundas afirmaciones de que la creatividad general puede enseñarse, la mayoría de los estudios objetivos parecen demostrar que los estudiantes aprenden información y procedimientos específicos que pueden utilizarse fundamentalmente en problemas como aquéllos sobre los que han sido instruidos. Actualmente, después de 50 años de experiencia con cursos de entrenamiento para la creatividad, no existe ninguna evidencia contundente de que las destrezas globales puedan aprenderse independientemente de los campos específicos (como las matemáticas o la ingeniería o el diseño de productos). Esta lección es importante tanto para la teoría como para la enseñanza de la resolución de problemas. Está relacionado con la evidencia aportada por el capítulo 12 de que las diferencias entre expertos y principiantes pueden caracterizarse en parte por las diferencias en la cantidad y la organización del conocimiento en un campo específico. Los cursos exitosos de resolución de problemas son cursos qué ponen el acento en el conocimiento específico y en los procedimientos aplicables dentro de un dominio específico; las teorías de mayor éxito en la resolución de problemas también deberían concentrarse en la descripción del conocimiento y los procesos implícitos en los terrenos particulares de los problemas del mundo real.

La Asociación Nacional de Educación, en una declaración de 1961 titulada *El objetivo central de la educación norteamericana*, afirma: «El objetivo que dirige y fortalece a todos los otros objetivos de la educación —el hilo común de la educación— es el desarrollo de la capacidad para pensar». Hay razones para ser optimista, pues parece que durante los próximos años, los psicólogos se concentrarán a conciencia en el tema de cómo enseñar a pensar a las personas.

Lecturas recomendadas

BLOOM, B. S. y BRODER , L. J. *Problem-solving processes of college students: An exploratory investigation.* Chicago, University of Chicago Press, 1950. Resume un famoso estudio sobre cómo enseñar las destrezas para resolver problemas a los estudiantes universitarios.

DAVIS, G. A. *Psychology of problem solving.* Nueva York, Basic Books, 1973. La tercera parte presenta una revisión de programas de entrenamiento para la creatividad.

DAVIS, G. A. y SCOTT, J. A. *Training creative thinking.* Huntington, N. Y., Krieger, 1978. Contiene artículos de renombrados expertos en formación para la creatividad.

LOCHHEAD, J. y CLEMENT, J. *Cognitive process instruction: Research on teaching thinking skills.* Filadelfia, Franklin Institute Press, 1979. Contiene artículos de conocidos psicólogos cognitivos interesados en el entrenamiento para la creatividad.

TUMA, D. T. y REIF, F. *Problem solving and education: Issues in teaching and research.* Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1980. Contiene artículos de maestros, administradores y psicólogos cognitivos respecto del papel de la instrucción en la resolución de problemas.

14 Resolución de problemas matemáticos: El pensamiento basado en el conocimiento de un campo específico

Análisis de la resolución de problemas matemáticos
Conocimiento lingüístico y semántico
Conocimiento esquemático
Conocimiento operativo
Conocimiento estratégico
Diferencias por el sexo

¿Cuál es la materia escolar más «cargada» con ejercicios de resolver problemas? ¿Dijo el lector matemáticas? Si abre al azar un texto de matemáticas, el lector probablemente advertirá que la mayoría de las páginas están dedicadas a problemas, ya sea mostrando problemas realizados o bien pidiendo que resuelva algunos «ejercicios». De modo que la clase de matemáticas se presenta como un laboratorio natural en el que podemos estudiar cómo las personas adquieren y utilizan sus destrezas para resolver problemas.

Por ejemplo, consideremos algunos de los problemas que se enseñan a los alumnos en las escuelas de Norteamérica. El cuadro 14-1 constituye una lista de algunos problemas típicos de matemáticas para estudiantes secundarios. Adelante y resuelva cada uno de ellos, indicando su respuesta haciendo un círculo alrededor de la letra apropiada. (Las respuestas aparecen al pie del cuadro.) Supongamos que presentamos estos problemas a un grupo de estudiantes de los últimos años de la secundaria, que pasaron por 12 años del «sistema educacional». ¿Cómo piensa que les iría con estos problemas?

• • •

Afortunadamente, no tenemos que adivinar en qué medida los estudiantes aprenden a resolver problemas de este tipo, porque muchos Estados institu-

cionalizan evaluaciones formales del aprendizaje de los estudiantes. Por ejemplo, en las escuelas públicas de California se administra todos los años a los estudiantes del último año de secundaria un test llamado «Supervisión de destrezas básicas» (Programas de Evaluación de California, 1980)[1]. Las estadísticas disponibles del último año revelan el siguiente porcentaje de respuestas correctas en los 6 problemas del cuadro 14-1: 47, 44, 35, 56 y 33 por ciento, respectivamente. De modo que en estos problemas típicos, los estudiantes secundarios hicieron un promedio por debajo del 50 por ciento de respuestas correctas (si los estudiantes simplemente hubieran adivinado, se esperaba un porcentaje de 20-25 respuestas correctas). El porcentaje total de respuestas correctas en todo el test de matemáticas fue un poco menor del 67 por ciento y se mantuvo en ese nivel durante los cinco años anteriores. Porcentajes similarmente tristes se obtuvieron en los tests administrados a alumnos de tercero y sexto grados, utilizando problemas apropiados para esos niveles.

Resultados igualmente inquietantes informaron los inspectores nacionales de resolución de problemas matemáticos en Estados Unidos. Por ejemplo, en la última Evaluación Nacional de Progreso Educacional (reseñada por Carpenter, Corbitt, Kepner, Lindquist y Reyes, 1980) se administraron a 70 000 estudiantes problemas como los siguientes:

> La limonada cuesta 95 pts. por una botella de 56 cm^3.
> En la feria de la escuela, Roberto vendió vasos de 8 cm^3 a 20 pts. c/u.
> ¿Cuánto dinero ganó la escuela por botella?

Sólo el 11 por ciento de los niños de trece años y el 29 por ciento de los niños de diecisiete años fueron capaces de hallar la respuesta correcta.

¿Por qué estos problemas son tan difíciles de resolver? ¿Por qué es tan difícil enseñar a nuestros niños cómo se han de resolver estos problemas? A pesar de los años de entrenamiento y de práctica en resolver problemas matemáticos, ¿por qué los alumnos siempre reciben los problemas con quejidos, caras de temor y respuestas incorrectas? Si supiéramos las respuestas a estas preguntas no sólo tendríamos la base para una teoría potente sobre la resolución humana de los problemas, sino que también podríamos incidir con éxito sobre la educación. Por ejemplo, al hacer una revisión a la psicología del aprendizaje de las matemáticas, Skemp (1971, pág. 13) señala: «Los problemas del aprendizaje y de la enseñanza son problemas psicológicos, y antes de poder avanzar en la enseñanza de las matemáticas, tenemos que saber más acerca de cómo se aprende». En lo que queda de este capítulo examinaremos todo lo que los psicólogos han aprendido acerca de cómo aprende la gente y cómo resuelven los problemas con narración, lo que Hinsley, Hayes y Simon (1977) denominan humorísticamente como «esas fábulas del siglo xx».

1. Este test incluye secciones sobre lectura, escritura y matemáticas. Se aplican tests similares a todos los alumnos de tercer y sexto grado.

Cuadro 14-1 Algunos problemas con narración

1. La relación entre hombres y mujeres en un mitin era de 4:5. Si había 20 mujeres, ¿cuántos hombres había?

   a. 15 b. 16 c. 25 d. 30

2. Un astronauta necesita 2.2 libras de oxígeno por día mientras está en el espacio. ¿Cuántas libras de oxígeno necesita un equipo de 3 astronautas 5 días en el espacio?

   a. 13.2 b. 15.2 c. 33 d. 330

3. El número de pies que un objeto recorre en t segundos (sin contar la resistencia) está dado por la fórmula $s = \frac{1}{2} gt^2$, donde s = número de pies y $g = 32$ (aceleración por la gravedad). Suponiendo que el aire no presenta resistencia, ¿cuánto caerá un paracaidista en una caída libre de 10 segundos?

   a. 1600 pies b. 2440 pies c. 3220 pies d. 3400 pies
   e. ninguna de esas respuestas

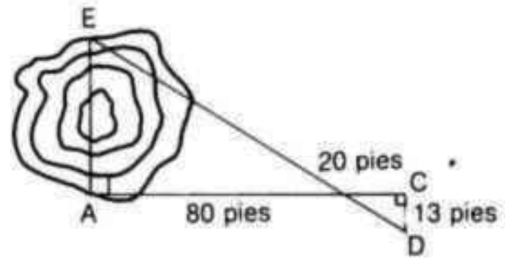
4. Una persona pagará el precio más bajo por onza de arroz si compra:

   a. 12 onzas por 40 centavos
   b. 14 onzas por 45 centavos
   c. 1 libra, 12 onzas por 85 centavos
   d. 2 libras por 99 centavos

5. Tres de cuatro estudiantes pesa cada uno 60 libras. ¿Cuánto pesa el cuarto si el promedio de los pesos de los cuatro es de 70 libras?

   a. 100 libras b. 80 libras c. 70 libras d. 65 libras

6. En la figura las líneas AE y CD son perpendiculares a AC. ¿Cuál es la distancia desde A hasta E?



   a. 40 pies b. 52 pies c. 60 pies d. 65 pies e. ninguna de éstas

Respuestas: b, c, a, c, a, b.

Adaptado del Programa de Evaluación de California (1980)

Cuadro 14-2 El problema del bote a motor

Una brillante barca a motor azul viajaba corriente abajo en 120 minutos con una corriente de 8 km por hora. El viaje de regreso corriente arriba, contra la misma corriente, le llevó 3 horas. Hallar la velocidad de la barca en agua tranquila.

Solución:

distancia = velocidad por hora × tiempo

distancia corriente abajo = distancia corriente arriba

(velocidad de la barca + velocidad de la corriente) × (tiempo corriente abajo) = (velocidad de la barca – velocidad de la corriente) × (tiempo corriente arriba)

(velocidad de la barca + 8) × (2) = (velocidad de la barca – 8) × 3

2(velocidad de la barca) + 16 = 3(velocidad de la barca) – 24

16 + 24 = 3(velocidad de la barca) – 2(velocidad de la barca)

40 km por hora = velocidad de la barca

Análisis de la resolución de problemas matemáticos

El razonamiento cuantitativo se produce cuando el alumno recibe una información numérica y debe utilizar las reglas de las matemáticas para deducir una respuesta numérica. Este razonamiento cuantitativo es una forma del razonamiento deductivo; sin embargo, en el razonamiento cuantitativo las premisas y la conclusión incluyen números. Los problemas matemáticos con narración como los del cuadro 14-1 requieren del razonamiento cuantitativo.

Consideremos ahora otro problema con narración típico, como el problema del bote a motor del cuadro 14-2. ¿Qué necesita saber una persona para resolver este problema? Deténgase un momento e intente hacer una lista de todo lo que se necesita. ¿Se asemeja su lista a la que sugerimos aquí?

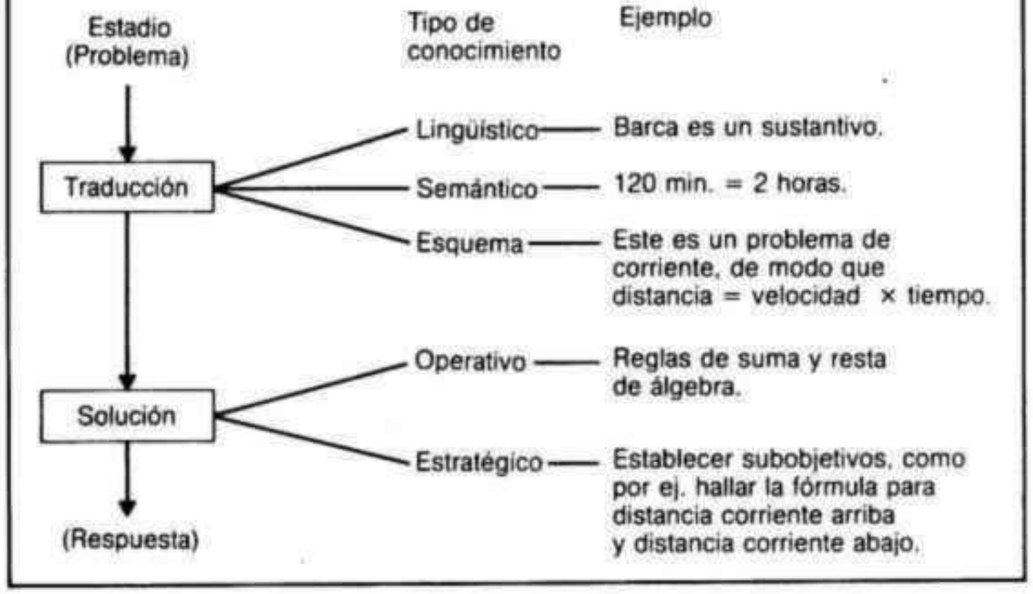
Conocimiento lingüístico, conocimiento de la lengua en que esté redactado el problema, como reconocer las palabras, determinar que «bote a motor» es un nombre, o saber que «nuevo bote azul a motor» y «bote» se refieren al mismo objeto.

Conocimiento semántico, conocimiento de los hechos acerca del mundo tales como «120 minutos son 2 horas» o que los ríos tienen corrientes que van río arriba y río abajo.

Conocimiento esquemático, conocimiento de los tipos de problemas, como la idea de que el problema de la barca es un problema de *corriente*.

Conocimiento operativo, conocimiento de cómo llevar a cabo la secuencia de operaciones, como el procedimiento para una división o el procedimiento de despejar *x*.

Cuadro 14-3 Análisis de la resolución del problema matemático en el problema de la barca a motor



Conocimiento estratégico, técnicas para saber cómo utilizar los diversos tipos de conocimiento disponible para resolver un problema dado, como por ejemplo plantearse subobjetivos.

Según la mayoría de las descripciones de la resolución de problemas matemáticos, el primer paso consiste en traducir las palabras del problema a una representación interna, que va desde las palabras de un problema narrado hasta una ecuación, por ejemplo. Los tipos de conocimiento que son por tanto importantes para esta traducción, o comprensión, son lingüístico, semántico y esquemático. El segundo gran paso consiste en aplicar las reglas del álgebra y de la aritmética a la representación interna, por ejemplo pasar de la ecuación al valor numérico del dato desconocido. El cuadro 14-3 resume los dos estadios y los tipos de conocimiento que estarían implicados en la resolución de problemas matemáticos. Examinemos ahora cada una de estas clases de conocimiento necesario.

Conocimiento lingüístico y semántico

Supongamos que el primer estadio para resolver el problema del barco sea comprender el problema. Por ejemplo, «comprender» el problema puede demostrarse cuando una persona puede traducir las palabras a una ecuación.

Cuadro 14-4 Cómo resuelve ESTUDIANTE el problema de los anuncios

1. *Formular el problema*
   Si el número de clientes que consigue Tomás es el doble del cuadrado del 20 por ciento del número de anuncios que promueve, y el número de anuncios que promueve es 45, ¿cuántos clientes consigue Tomás?
2. *Hacer sustituciones*
   Si el número de clientes que Tomás consigue es 2 veces el cuadrado del 20 por ciento del número de anuncios que promueve, y el número de anuncios que promueve es de 45, ¿cuántos clientes consigue Tomás?
3. *Etiquetar palabras y frases*
   Si el número de (operador) clientes que Tomás consigue (verbo) es 2 veces (operador) el cuadrado de (operador) 20 por ciento (operador) de (operador) el número de anuncios que él (pronombre) promueve, y el número de (operador) anuncios que él (pronombre) promueve es 45, ¿cuál (partícula interrogativa) es el número de (operador) clientes que Tomás consigue (verbo)? (signo de interrogación).
4. *Construir oraciones nucleares*
   El número de clientes que Tomás consigue es dos veces el cuadrado del 20 por ciento del número de anuncios que promueve. El número de anuncios que promueve es 45. ¿Cuál es el número de clientes que consigue?
5. *Hacer ecuaciones*
   (Número de clientes que Tomás consigue) = 2(0.20) (Número de anuncios)^2
   (Número de anuncios) = 45
   (Número de clientes que consigue) = (X)

Adaptado de Bobrow (1968) © 1968 MIT Press

Consideremos el problema del anuncio en el cuadro 14-4. BOBROW (1968) creó un programa de computadora, llamado ESTUDIANTE, que resuelve problemas sencillos como el problema del anuncio. ¿Qué necesitaba saber ESTUDIANTE para poder traducir el problema del anuncio a una ecuación? Como puede haber sospechado el lector, ESTUDIANTE necesitaba conocer algunas de las reglas del idioma y algunos hechos básicos acerca del mundo.

Así, para resolver problemas, ESTUDIANTE necesitaba tener alguna información básica en la memoria. A continuación presentamos una lista de ejemplos de la información que había que proporcionar a ESTUDIANTE:

1 pie es igual a 12 pulgadas
1 yarda es igual a 3 pies
Libras es el plural de *libra*
Personas es el plural de *persona*
Años más joven SIGNIFICA *menos que*
María es una persona
Un *tío* es una persona
Cuadrado es un operador

Tiene es un verbo
Distancia es igual a velocidad por tiempo
El perímetro de un rectángulo es dos veces la suma de la longitud y el ancho del rectángulo.

El programa no funcionaría correctamente a menos que esta información básica ya esté en la memoria de la computadora antes de resolver el problema. Este trabajo sugiere que la comprensión del problema exige una gran cantidad de conocimiento específico.

El cuadro 14-4 resume los pasos necesarios para que ESTUDIANTE haga la traducción de un problema a una ecuación: 1) copiar el problema palabra por palabra, 2) sustituir palabras como «dos veces» por «doble», 3) ubicar cada palabra o frase que describe una variable, como por ejemplo «el número de clientes que Tom trae» y observar si dos o más frases se refieren a la misma variable, 4) dividir el problema en oraciones simples, 5) traducir cada oración simple a ecuaciones.

Como el lector puede ver, ESTUDIANTE realiza una traducción literal de palabras a ecuaciones. Para ello, sin embargo, es necesario que ESTUDIANTE conozca el idioma lo bastante como para distinguir entre operadores y variables, y que tenga algún conocimiento semántico tal como saber que un «*dime*» es igual a 10 centavos de dólar. Más recientemente, HAYES y SIMON (1974) han desarrollado un programa llamado COMPRENDER que traduce problemas a una representación interna.

Conocimiento esquemático

Volvamos ahora por un momento al problema del barco. ¿Necesita el lector algo más además del conocimiento lingüístico y semántico? Podría necesitar darse cuenta de que la forma del problema del barco es: (velocidad del barco + velocidad de la corriente) × (tiempo corriente abajo) = (velocidad del barco − velocidad de la corriente) × (tiempo corriente arriba). Esta ecuación representa la estructura del problema y ayuda al estudiante a saber qué tiene que buscar en el problema. Nos referiremos al conocimiento de la forma del problema por el estudiante como al «conocimiento esquemático». De modo que, si un estudiante observa que el problema del barco es un problema de corrientes que puede encajar en una fórmula general, ya tiene el esquema del problema.

Comprensión

El lector advertirá que ESTUDIANTE en realidad no «entiende» lo que

Cuadro 14-5 El problema de la moneda

Problema

El número de cuartos de dólar que tiene un hombre es siete veces el número de monedas de 10 centavos que tiene. El valor de las monedas de diez centavos excede al de los cuartos en dos dólares y cincuenta centavos. ¿Cuántas monedas de cada clase tiene?

Traducción literal

Cuartos = 7 × D (monedas de diez)
D (0,10) – C × (0,25) = 2,50

Traducción equivocada

C = 7 × D
C × (0,25) – D × (0,10) = 2,50

Reconocimiento de la inconsistencia

«Esto no es posible.»
«Las monedas de diez no pueden valer más que los cuartos de dólar si hay menos monedas de 10 que cuartos de dólar.»

Adaptado de Paige y Simon (1966)

hace y no le «importa» si las variables están relacionadas unas con otras de manera lógica. ¿Es ésta la forma en que los humanos resolvemos los problemas? Paige y Simon (1966) presentaron a estudiantes problemas como el del cuadro 14-5. Algunos sujetos se comportaron como ESTUDIANTE generando traducciones literales de las oraciones a ecuaciones. Otros sujetos reconocían que en este problema algo estaba mal y lo corregían suponiendo que la segunda oración decía: «El valor de los cuartos de dólar excede el valor de las monedas de 10 centavos en $2,50». Por último, algunos estudiantes observaban el problema y decían: «Esto es imposible». De modo que, mientras algunos estudiantes usaban traducciones literales, otros intentaban aparentemente «comprender» el problema.

¿Es posible alentar a las personas a comprender bien un problema con narración? Paige y Simon pidieron a sus sujetos que hicieran dibujos para representar cada problema. Cuando los sujetos dibujaban dibujos integrados que contenían toda la información en un diagrama, era mucho más probable que llegaran a obtener la respuesta correcta que cuando procedían a una serie de traducciones oración por oración, método con el cual se perdían con mayor

Cuadro 14-6 Algunos problemas de probabilidad imposibles

¿Si ese arroja un dado cuatro veces, cuál es la probabilidad de la secuencia éxito, éxito, fracaso, fracaso?

Supongamos que a dos personas de cada nueve en cierta ciudad les gustan las películas de John Wayne. Si se toma una muestra, ¿cuál es la probabilidad de que a dos personas de la muestra les gusten las películas de John Wayne?

Respuestas: No se puede responder al primer problema porque no podemos decir cuál es la probabilidad de éxito. El segundo problema no se puede responder porque no conocemos el tamaño de la muestra.

Adaptado de Mayer y Greeno (1972)

Cuadro 14-7 Algunos errores al traducir problemas con palabras

El problema de los estudiantes y los profesores

Escriba una ecuación utilizando las variables *S* y *P* para representar la siguiente afirmación: «En esta universidad hay seis veces tantos estudiantes como profesores». Utilice *S* para el número de estudiantes y *P* para el de profesores.

Respuesta correcta: $S = 6P$
Porcentaje correcto: 63 %
Respuesta típica equivocada: $6S = P$

El problema de la torta de queso y la de manzana

Escriba una ecuación utilizando las variables *Q* y *M* para representar la siguiente afirmación: «En el restaurante de Mindy, por cuatro personas que piden torta de queso, hay cinco que piden torta de manzana». Digamos que *Q* representa el número de tortas de queso y *M* el número de tortas de manzana pedidas.

Respuesta correcta: $5Q = 4M$
Porcentaje correcto: 27 %
Respuesta incorrecta típica: $4Q = 5M$

Adaptado de Clement, Lochhead y Soloway (1979)

facilidad. También Mayer y Greeno (1972) pidieron a estudiantes que resolvieran problemas de probabilidad «imposibles» como el del cuadro 14-6. Como se describió en el capítulo 4, si los estudiantes habían aprendido a resolver problemas de binomios reconociendo los conceptos subyacentes, tenían

mucha más posibilidad de darse cuenta de que el problema era imposible; en cambio si los estudiantes habían aprendido por memorización de la fórmula, era más probable que generaran una respuesta numérica. De modo que, además del conocimiento lingüístico y fáctico, el estudiante necesita un conocimiento acerca de cómo reunir las variables de manera coherente.

Recientemente, Soloway y sus colaboradores (CLEMENT, LOCHHEAD y SOLOWAY, 1979; SOLOWAY, LOCHHEAD y CLEMENT, 1982) han aportado alguna información adicional sobre cómo ayudar a los estudiantes a evitar errores cuando pasan de palabras a ecuaciones. Estos investigadores presentaron a estudiantes universitarios problemas como el de «los estudiantes y los profesores» o el «problema de la torta de queso y la torta de manzana» del cuadro 14-7. La tarea consistía en traducir el problema a una ecuación. Los sujetos —150 estudiantes de ingeniería de una universidad estatal importante— presumiblemente fueron seleccionados sobre la base de sus rendimientos en ciencia y matemáticas. Como se ve en el cuadro 14-7, sólo el 63 por ciento de los estudiantes generó la respuesta correcta, S = 6P, en el problema de los profesores y los estudiantes; la respuesta típica equivocada fue 6S = P. En el problema de la torta de queso y la de manzana, el rendimiento fue mucho peor, y sólo el 27 por ciento obtuvo la respuesta correcta. Nótese que los estudiantes de ingeniería no tenían ninguna dificultad para entender el idioma o para resolver ecuaciones algebraicas. De hecho, en un estudio de seguimiento en el que se utilizaron ingenieros experimentados, los sujetos pudieron traducir problemas como éstos a simples afirmaciones de computadora. Clement, Lochhead y Soloway sostienen que el lenguaje de computadora estimula a los estudiantes a representar el problema como un procedimiento activo (por ejemplo, diciendo qué hay que hacer) mientras que la notación algebraica conduce a una perspectiva estática del problema (hablar sobre una comparación, por ejemplo). Un estudiante que ve el problema desde una perspectiva activa razona: «Si quiero saber cuántos estudiantes hay, debo multiplicar el número de profesores por seis».

Cometido de los esquemas

Otro avance respecto de cómo las personas comprenden los problemas con narración lo realizaron HINSLEY, HAYES y SIMON (1977). Se presentó a los sujetos una serie de problemas de álgebra tomados de libros de texto estándar y se les pidió que los ordenaran en categorías. Los sujetos pudieron realizar bien esta tarea con alto grado de acuerdo, obteniendo 18 categorías diferentes tales como corriente del río (la categoría del problema del bote a motor), DVT, trabajo, triángulo e interés. El cuadro 14-8 es una lista de ejemplos de las 18 categorías de problemas descritas por los sujetos.

HINSLEY, HAYES y SIMON (1977) también descubrieron que los sujetos eran

Cuadro 14-8 Ejemplos de 18 categorías de problemas

Nombre de la categoría	Ejemplo de problema
1. Triángulo	Jorge camina una manzana hacia el este junto a un terreno vacío y luego 2 manzanas al norte hacia la casa de un amigo. Juan comienza en el mismo punto y camina en diagonal a través del terreno baldío saliendo en el mismo punto que Jorge. Si Jorge caminó 217 pies al este y 400 pies al norte, ¿cuánto caminó Juan?
2. DVT	En una carrera de coches deportivos, un Panther comienza la carrera a las 9 h y hace un promedio de 75 millas por hora. Un Mallotti sale cuatro minutos después y hace un promedio de 85 millas por hora. Si cada circuito es de 15 millas, ¿en qué circuito será sobrepasado el Panther?
3. Promedios	Volando al este entre dos ciudades, la velocidad de un avión es de 380 millas por hora. En el viaje de regreso, vuela 420 millas por hora. ¿Cuál es la velocidad promedio de todo el viaje?
4. Conversión de escala	Se establecen dos escalas de temperatura: una, la escala R, donde el agua, en determinadas condiciones, se congela a 15 y hierve a 405; y la otra, S, en que el agua se congela a 5 y hierve a 70. Si las escalas R y S están relacionadas linealmente, encontrar una expresión para cualquier temperatura R en función de una temperatura S.
5. Proporción	Si los tomates enlatados vienen en dos tamaños, con radios de 2/3 de diferencia entre un radio y el otro, hallar las proporciones entre las capacidades de las dos latas.
6. Interés	Un banco de ahorristas paga 3 % de interés compuesto semianualmente. ¿Cuánto darán de interés $2.500 dejados en depósito durante 20 años?
7. Superficie	Una caja que contiene 180 pulgadas cúbicas ha sido construida recortando de cada esquina de un cuadrado de cartón un pequeño cuadrado de 5 pulgadas de lado, y luego levantando los lados. Hallar el área de la pieza de cartón original.
8. Max-min	Un corredor de propiedades calcula que la ganancia mensual p en dólares de un edificio de s pisos de alto está dada por $p = -2s^{**}2 + 88s$. ¿Cuál sería la altura más gananciosa del edificio?
9. Mezcla	Un aceite vegetal contiene 6 % de grasas saturadas y otro un 26 % de grasas saturadas. Preparando aliño para la ensalada, ¿cuántas onzas del segundo hay que añadir a 10 onzas del primero si el porcentaje de grasas saturadas no debe exceder el 16 %?

(continúa)

Cuadro 14-8 (continuación)

Nombre de la categoría	Ejemplo de problema
10. Corriente de río	Un vapor viaja 36 millas corriente abajo en el mismo tiempo en que recorre 24 millas corriente arriba. Las máquinas del vapor funcionan en aguas tranquilas a razón de 12 millas por hora más que la velocidad de la corriente. Hallar la velocidad de la corriente.
11. Probabilidad	En un experimento de percepción extrasensorial, un sujeto con los ojos vendados está frente a dos hileras de bloques. Los bloques en cada hilera están numerados de 1 a 10 y dispuestos en orden azaroso. El sujeto tiene que colocar una mano sobre un bloque de la primera hilera y luego tratar de colocar su otra mano en el bloque que lleva el mismo número de la otra hilera. Si el sujeto no tiene PES, ¿cuál es la probabilidad de que establezca la concordancia en el primer intento?
12. Número	El dígito de las unidades es 1 más que 3 veces el dígito de las decenas. El número representado cuando los dígitos se intercambian es 8 veces la suma de los dígitos.
13. Trabajo	El Sr. Rodríguez utiliza 3 minutos menos que el Sr. López para envolver una caja cuando cada uno trabaja solo. Un día, después que el Sr. Rodríguez puso 6 minutos para envolver una caja, el jefe lo llamó y el Sr. López terminó de envolver en 4 minutos más. ¿Cuántos minutos pondrá el Sr. Rodríguez para envolver él solo una caja?
14. Navegación	Un piloto abandona un portaaviones y vuela hacia el sur a 360 millas por hora, mientras el portaaviones sigue N30W a 30 m.p.h. Si el piloto tiene bastante combustible para volar 4 horas, ¿cuánta distancia puede volar hacia el sur antes de regresar al barco?
15. Progresiones	Desde dos ciudades separadas por 360 millas, Juan y María parten para encontrarse. Si María viaja 1 milla el primer día, 3 el segundo, 5 el tercero y así sucesivamente, y Juan viaja 2 millas el primer día, 6 el segundo, 10 el tercero y así sucesivamente, ¿cuándo se encontrarán?
16. Progresión-2	Hallar la suma de los primeros 25 números enteros positivos impares.
17. Física	La velocidad de un cuerpo que cae libremente desde su posición de descanso es directamente proporcional al tiempo durante el que cae. Si un cuerpo cae a 144 pies por seg 4,5 segundos después de haber comenzado a caer, ¿a qué velocidad cae 3 3/4 segundos más tarde?
18. Exponenciales	El diámetro de cada capa sucesiva de una torta de bodas es 2/3 de la capa anterior. Si el diámetro de la primera de una torta de cinco capas es de 15 pulgadas, hallar la suma de las circunferencias de todas las capas.

Adaptado de HINSLEY, HAYES y SIMON (1977)

capaces de categorizar los problemas casi inmediatamente. Después de escuchar unas cuantas palabras de un problema, como por ejemplo «un vapor viaja a 36 millas corriente abajo...», un estudiante podía decir «ése es un problema de corriente». HAYES, WATERMAN y ROBINSON (1977) y ROBINSON y HAYES (1978) descubrieron que los estudiantes usan sus esquemas para emitir juicios respecto de qué información es relevan en un problema y qué otra no lo es. Por ejemplo, en un estudio se presentó el problema del fumigado de cosecha (del cuadro 14-9) dando sólo una frase por vez (ROBINSON y HAYES, 1978). A medida que se iba agregando cada frase al problema, se pedía a los sujetos que juzgaran si era necesaria para resolver el problema (pase uno) y luego se repetía todo el proceso (pase 2). Al pie del cuadro 14-9 se muestra la proporción de juicios relevantes para los cuatro tipos de información: la información relevante se considera importante en ambos pasos; la información sobre espacio y peso se juzga importante en el paso uno pero no en el paso dos puesto que el sujeto se da cuenta de la cuestión en el paso dos y la información irrelevante se juzga baja en relevancia. Aparentemente, los sujetos son bastante capaces de hacer juicios precisos respecto de la relevancia de la información cuando se les presenta un problema.

Muchas de las dificultades que tienen las personas para resolver problemas de álgebra con narración pueden provenir de la utilización de esquemas equivocados. HINSLEY, HAYES y SIMON (1977), por ejemplo, presentaron a los sujetos un problema que podía ser interpretado ya sea como un problema de triángulo o como un problema de distancia-velocidad-tiempo. Como puede ver el lector en el cuadro 14-10 es una especie de problema de tiempo-velocidad-distancia, con información irrelevante acerca de una relación triangular. De los seis sujetos que participaban en el estudio, tres prestaron atención a la información triangular irrelevante. Por ejemplo, dibujaron triángulos y trataron de determinar las longitudes de los dos catetos y de la hipotenusa. Un sujeto leyó «cuatro millas» en lugar de «4 minutos» y supuso que era la longitud de uno de los catetos; otro sujeto supuso que «a 5 millas de distancia» se refería a la longitud de la hipotenusa. Los otros tres sujetos ignoraron la información sobre el triángulo y se concentraron en los aspectos de distancia, velocidad por hora y tiempo. Por ejemplo, un sujeto dijo: «Parece un problema de distancia. De modo que Jiménez va hacia el este dos minutos después de que Suárez salga para el oeste. De modo que podría ser un problema de alcanzar». Estos tres sujetos desde el inicio supusieron que un conductor iba hacia el este y el otro hacia el oeste. Hinsley, Hayes y Simon concluyeron que los sujetos utilizaban un esquema de triángulo o un esquema de distancia-velocidad por hora-tiempo como un «molde» para entender el problema. Estos esquemas influyen sobre lo que el sujeto busca y producen errores al interpretar la información.

Como el lector podrá recordar del capítulo 3, LUCHINS (1942) demostró que cambiar de problemas que requieren un tipo de solución a otros que re-

Cuadro 14-9 Juicios de los estudiantes sobre cuál información es relevante en el problema del fumigador de cosechas

Problema del fumigador de cosechas

Un avión fumigador lleva 2000 libras del compuesto Rotenona para fumigar, 250 libras de combustible, un piloto altamente cualificado para vuelo bajo y un operador de la máquina fumigadora, el hermano menor del piloto. El avión debe fumigar un campo rectangular de tabaco de 0.5 millas de ancho por 0.6 millas de largo. El compuesto debe arrojarse con una densidad de 200 libras por 0.001 milla cuadrada. Además el compuesto debe arrojarse entre las 6 y las 9 h, cuando hay luz suficiente y antes de que se haya evaporado la niebla matutina, para asegurar la adherencia del compuesto a las plantas. El avión puede fumigar una franja de 44 pies de ancho por vez. El avión vuela el largo del campo con un viento de cola de 6 m.p.h. y regresa contra el mismo viento. Con el viento, el avión utiliza combustible a razón de 60 libras por hora. Contra el viento, gasta combustible a razón de 80 libras por hora. La razón del tiempo de vuelo contra el viento y el tiempo con el viento es de 9:8. El operador del fumigador debe arrojar el compuesto uniformemente sobre la tierra a pesar de la velocidad variable. (La pregunta se formula a continuación.)

	Proporción de sujetos que clasifican cada hecho como relevante	
	Pase 1	Pase 2
1. Items relevantes del problema: con un viento de cola 6 m.p.h. regresa contra el mismo viento relación entre velocidad con viento velocidad contra viento es 9,8	0.84	0.89
2. Items de espacio: avión debe fumigar campo rectangular de tabaco 0,5 millas ancho 0,6 millas largo por 0,001 millas cuadradas franja de 44 pies ancho avión vuela el largo del campo	0.93	0.45
3. Items de peso: 2000 libras 60 libras/h 250 libras 80 libras/h con una densidad de 200 libras	0.93	0.48
4. Otros items/irrelevantes: un avión fumigador de compuesto Rotenona combustible alta calidad un piloto altamente cualificado para vuelo bajo un operador de la máquina fumigadora el hermano menor del piloto el compuesto debe echarse entre las 6 y las 9 de la mañana cuando todavía hay luz suficiente y no se ha evaporado la niebla para asegurar la adherencia a las plantas.	0.35	0.11

Adaptado, con autorización de V. H. Winston & Sons, de Revlin y Leirer (1978) en Revlin y Mayer (1978)

Cuadro 14-10 El problema de Smalltown

Por sus hábitos tranquilos, los habitantes de Smalltown se vieron particularmente alterados por el terrible accidente de coches de la Noche de Año Nuevo en el que murió uno de sus pobladores. Estos fueron los hechos. Tanto Suárez como Jiménez habían nacido para Año Nuevo y cada uno pensó hacer al otro una visita sorpresa para su cumpleaños. Jiménez había salido para la casa de Suárez viajando hacia el este por la ruta 210 dos minutos después que Suárez partiera para la casa de Jiménez. Suárez viajaba directamente hacia el sur por la ruta 140. Jiménez iba 30 millas por hora más rápido que Suárez aun cuando sus casas sólo estaban separadas por cinco millas a vuelo de pájaro. Sus coches se estrellaron en la intersección de las dos carreteras. El oficial Franklin, que observó el choque, determinó que Jiménez iba a la mitad de velocidad de Suárez en el momento del choque. Suárez había conducido durante 4 minutos en el momento del accidente. El choque se produjo más cerca de la casa del muerto que de la casa del sobreviviente. ¿Cómo se llamaba el muerto?

Adaptado de Hinsley, Hayes y Simon (1979)

quieren otro tipo de solución produce efectos de «*einstellung*» o de «conjunto de resolución de problemas». Por ejemplo, Loftus y Suppes (1972) descubrieron que un problema con palabras era mucho más difícil de resolver si era de tipo diferente a los que lo precedían.

Greeno (1980) y sus colaboradores han identificado esquemas de problemas con palabras para niños. Por ejemplo, el cuadro 14-11 trae ejemplos de problemas de «causa/cambio», «combinar» y «comparar». Si bien estos tres problemas requieren todos las mismas operaciones aritméticas, los problemas de comparación son mucho más difíciles de resolver para los pequeños que los problemas de causa/cambio. También existe alguna evidencia de una tendencia evolutiva; por ejemplo, los niños de parvulario y de los primeros grados trabajan bien con los problemas de causa/cambio de la parte superior del cuadro 14-11, pero muy mal con los problemas de comparación, mientras que los niños de segundo y tercer grado trabajan bien con ambos tipos de problemas. Cuando se le pidió que repitiera un problema de comparación, un niño de tercer grado dijo: «José tiene 3 bolitas, Tomás tiene 5 bolitas. ¿Cuántas bolitas tiene Tomás?».

La dificultad para resolver problemas con palabras puede deberse por tanto a una falta del esquema apropiado más que a una carencia de aptitudes aritméticas o lógicas.

Para obtener una perspectiva más amplia sobre la naturaleza de los esquemas en los problemas de álgebra con narración, Mayer (1981) supervisó los ejercicios de problemas de 12 textos de álgebra aprobados para utilizar en las escuelas secundarias de California. De aproximadamente 2000 problemas con narración seleccionados, había cerca de 20 categorías generales, como se ve en

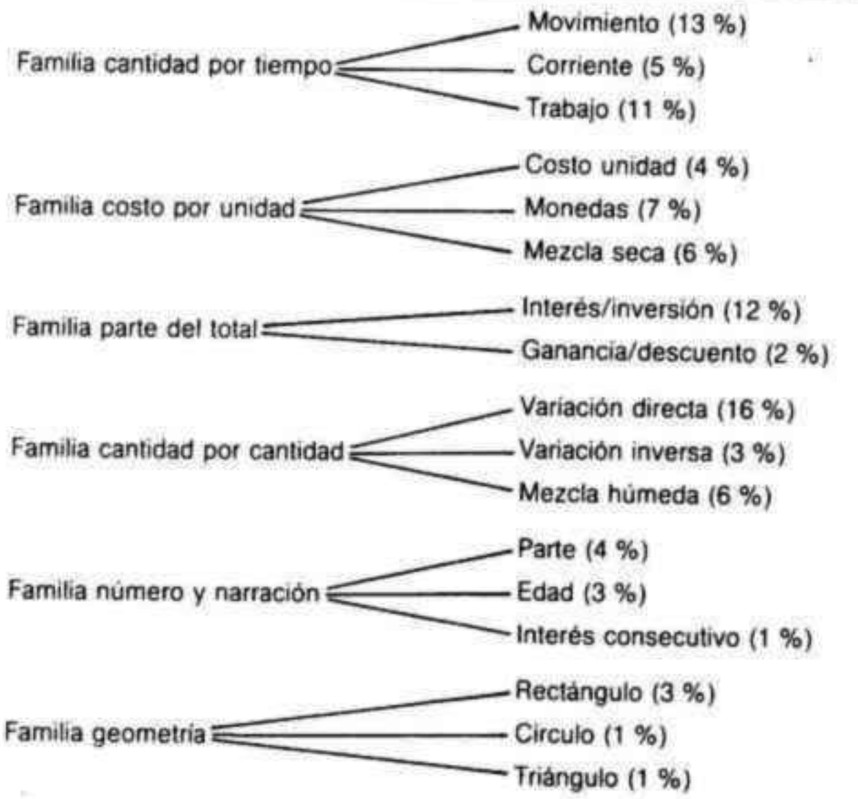
Cuadro 14-11 Tres tipos de problemas con palabras

Nombre	Ejemplo	Porcentaje Corrección Grados Jardín y 1	Porcentaje Corrección Grados 2 y 3
Causa/cambio	José tiene tres bolitas. Juan le da 5 más. ¿Cuántas bolitas tiene ahora José?	94	100
Combinar	José tiene 3 bolitas. Juan tiene 5 bolitas. ¿Cuántas bolitas tienen en conjunto?	100	100
Comparar	José tiene 3 bolitas. Juan tiene 5 bolitas más que José. ¿Cuántas bolitas tiene Juan?	15	90
Causa/cambio	José tiene 8 bolitas. Da a Juan 5 bolitas. ¿Cuántas bolitas tiene ahora José?	100	100
Combinar	José y Juan tienen juntos 8 bolitas. José tiene algunas bolitas. Juan tiene 5 bolitas. ¿Cuántas bolitas tiene José?	17	90
Comparar	José tiene 8 bolitas. El tiene 5 bolitas más que Juan. ¿Cuántas bolitas tiene Juan?	14	70

Adaptado de Riley y Greeno (1978)

el cuadro 14-12. Algunas de estas categorías compartían las mismas fórmulas de base; por ejemplo, los problemas de distancia-velocidad por hora-tiempo, los de corriente y los de trabajo están todos basados en una misma fórmula: cantidad = velocidad/hora × tiempo. También para toda categoría importante había varias soluciones posibles, llamadas «moldes». Los problemas de movimiento, por ejemplo, tenían 13 moldes diferentes, entre los cuales estaban los de distancia-velocidad-tiempo, acercamiento de vehículos desde direcciones opuestas, vehículos que parten desde el mismo punto y hacia direcciones opuestas, un vehículo que alcanza a otro, un vehículo que hace

Cuadro 14-12 Algunas categorías de problemas de los textos de álgebra



Adaptado de Mayer (1981)

un viaje en redondo, cambio de velocidad durante un viaje, etcétera. El cuadro 14-13 hace un listado de algunos de los moldes para problemas de corriente. ¿Podría decir el lector a cuál pertenece el problema del barco a motor? Entre todos los problemas de álgebra de los diferentes libros de texto se encontraron 100 moldes diferentes. Esta revisión sugiere que la eficacia para resolver problemas estándar de libros de texto podría simplemente implicar aprender a reconocer las diferentes categorías y moldes de los problemas fundamentales.

Conocimiento operatorio

Volvamos al problema del barco a motor. Hasta ahora hemos visto que

Cuadro 14-13 Algunos moldes de problemas de corriente

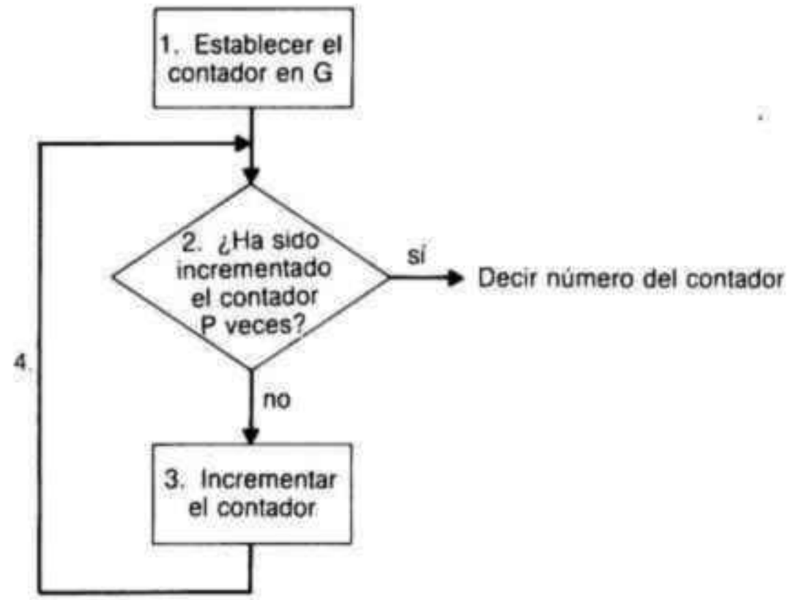
Nombre	Descripción	Ejemplo
Tiempo total	Un barco o avión viaja a una determinada distancia a favor de la corriente y una determinada distancia contra corriente en un tiempo total.	La corriente de un río va a 4 km/h. Un barco viaja 4 km corriente arriba y 12 km corriente abajo en un total de 2 horas. ¿Cuál es la velocidad del barco en aguas tranquilas?
Viaje en redondo	Un barco viaja a favor de la corriente en cierto tiempo y regresa contra corriente en cierto tiempo.	Un barco viaja 3,15 h corriente abajo, en que la corriente es de 5,82 km/h. Regresa en 9.97 horas. Hallar la velocidad del barco en aguas tranquilas.
Tiempo igual	Un barco viaja cierta distancia a favor de una corriente en el mismo tiempo en que puede viajar cierta distancia contra corriente.	Un barco viaja a razón de 15 km/h en aguas tranquilas. Viaja 60 km corriente arriba en el mismo tiempo en que recorre 90 km corriente abajo. ¿Cuál es la velocidad de la corriente?
Parte	Un barco viaja a cierta velocidad a favor de la corriente y a otra contra corriente.	El equipo de remo de Fairfield rema corriente abajo a 7 millas/h. Y reman de regreso al punto de partida a 3 millas/h. Hallar su velocidad en aguas tranquilas y la velocidad de la corriente.
Relativo	El tiempo para viajar a favor de la corriente se compara con el tiempo para viajar la misma distancia contra la corriente.	La velocidad de un avión es de 225 millas/h. Volando de una ciudad A a una ciudad B, tiene un viento de cola de 25 millas/h. Se necesitan 3 h más para volar de B a A que de A a B. ¿Cuál es la distancia entre las dos ciudades?

para resolver este problema se necesita un conocimiento lingüístico y fáctico, así como un conocimiento esquemático. Este conocimiento es útil para comprender y representarse el problema. Para resolver el problema, una vez que se lo comprende, hay que tener algún conocimiento adicional. Por ejemplo, hay que conocer los procedimientos que se utilizan en matemáticas para hacer cuentas y para resolver ecuaciones. Este tipo de conocimiento es el que estudiaremos en esta sección.

Papel de los algoritmos aritméticos

Para resolver problemas como el del barco a motor, hay que ser capaz de

Cuadro 14-14 Modelo de proceso para la adición simple



Nota: El rombo representa una decisión que debe hacerse. Los rectángulos representan los procesos que han de llevarse a cabo.

realizar cálculos como $2 \times 8 = \ldots$ o bien $16 + 24 = \ldots$ o $3 - 2 = \ldots$ Para dar respuesta a los problemas aritméticos, un estudiante necesita conocer el algoritmo para generar la respuesta correcta. Un *algoritmo* es un procedimiento exacto para llevar a cabo una tarea, como por ejemplo sumar números. De modo que el conocimiento operativo de una persona incluye algoritmos aritméticos.

Groen y Parkman (1972) propusieron cinco modelos diferentes de procesos para representar algoritmos infantiles de suma en los problemas de la forma $m + n = \ldots$ Un modelo de proceso es simplemente una lista de las decisiones y de los procesos que contiene determinado algoritmo. Por ejemplo, uno de los modelos de proceso más populares para sumar números dígitos se presenta como un gráfico de flujo en el cuadro 14-14. Los pasos pueden resumirse como sigue:

1. Ponga un contador para el valor del mayor entre m y n.
2. Decida si el contador se incrementa tantas veces como el valor del menor de m y n. Si es así, stop y recite el valor en el tablero de respuesta, si no, vaya al 3.

3. Incrementar el contador en 1.
4. Vaya al paso 2.

Este procedimiento se denomina «modelo min» porque se establece el contador en el máximo de *m* y *n* y se lo incrementa por el mínimo de *m* y *n*.

Suponga el lector que se encuentra con un problema como 2 + 5 = ... Utilizando el procedimiento que acabamos de describir, su primer paso es establecer el contador con el número mayor, el 5. El segundo paso es decidir si se incrementa el contador dos veces; puesto que no es así, va al paso 3. En el paso 3, incrementa el contador que ahora contiene 6. Volviendo al paso 2, decide si incrementó el contador dos veces; puesto que sólo lo incrementó 1, va al paso 3. En el paso 3, incrementa el contador hasta 7. Volviendo al paso 2, incrementó el contador dos veces de modo que puede detenerse y escribir la respuesta, 7.

Teniendo en cuenta este modelo, ¿puede el lector predecir cuál problema llevará más tiempo para resolver? Suponga que le damos estos tres problemas: 2 + 3 = ..., 3 + 2 = ..., 2 + 5 = ..., 2 + 7 = ... Según este modelo, todos estos problemas se resolverían en la misma cantidad de tiempo porque todos requieren establecer un contador e incrementarlo en dos veces. Sin embargo, ¿qué pasaría con estos problemas: 5 + 0 = ..., 5 + 1 = ..., 5 + 2 = ..., 5 + 3 = ..., 5 + 4 = ...? En este caso el primer problema no requiere ningún ciclo extra a través del paso 3 (incrementar), el segundo problema requiere 1, el tercer problema requiere dos, el cuarto requiere tres y el quinto requiere cuatro. De modo que el tiempo de cálculo será más largo en 5 + 4 = ... y así sucesivamente; en otras palabras, el modelo mini predice que el tiempo de respuesta debe incrementarse a medida que se incrementa el tamaño del número más pequeño (el mínimo de *m* y *n*). Estas predicciones se resumen en el cuadro 14-15.

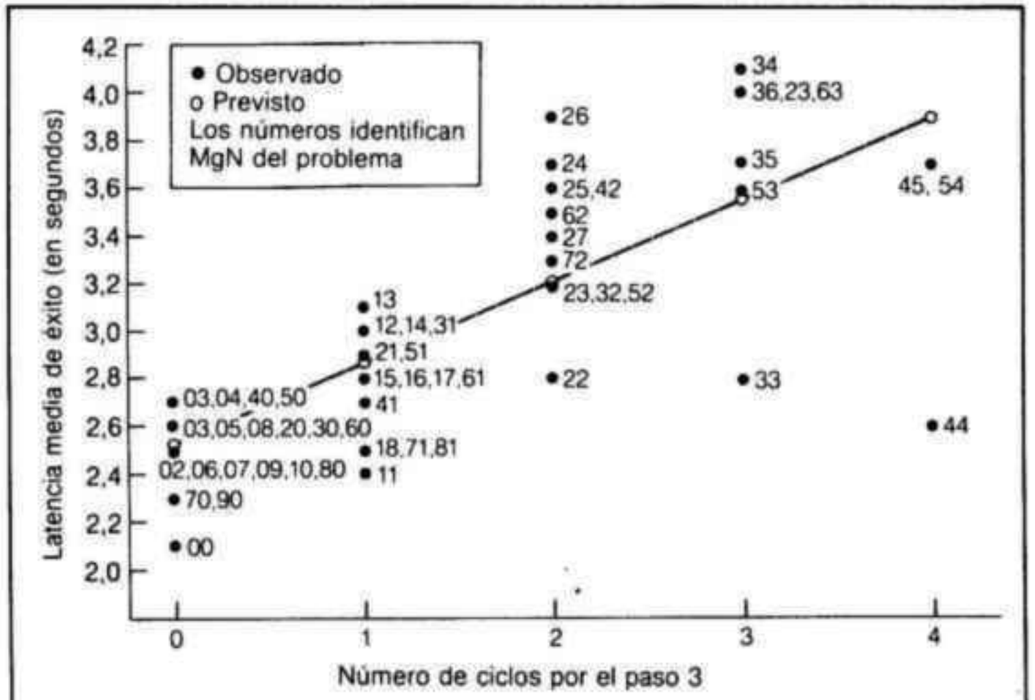
Para verificar estas predicciones, así como las de los otros cuatro modelos del proceso de adición, Groen y Parkman (1972) presentaron a 37 alumnos de primer grado problemas simples de adición de un dígito y registraron el tiempo necesario para cada uno. El cuadro 14-16 muestra el tiempo promedio necesario para cada problema. Como el lector puede observar, el tiempo de respuesta parece aumentar tal como lo predice el modelo mini. El modelo mini es el que predijo mejor la actuación de los niños. También fue el mejor para predecir las respuestas cuando se hizo el experimento con adultos, pero los adultos trabajaban mucho más rápido que los niños: cada ciclo adicional por el paso 3 se realizaba en 20 milisegundos en comparación con los niños que lo hacían en 400 milisegundos.

Resnick y sus colaboradores (Resnick, 1976) desarrollaron modelos semejantes para describir lo que los niños saben para restar. Este trabajo sugiere una tendencia evolutiva en la cual los más pequeños utilizaban modelos simples pero ineficaces y los niños mayores utilizaban modelos más complejos

Cuadro 14-15 Algunas predicciones del modelo min

Problemas	Número de veces que se incrementa el contador	Lista de pasos	Descripción
0 + 5 = ____ o 5 + 0 = ____	0	1,2	Poner el contador y no incrementar
1 + 5 = ____ o 5 + 1 = ____	1	1,2,3,4,2	Poner contador e incrementar una vez
2 + 5 = ____ o 5 + 2 = ____	2	1,2,3,4,2,3,4,2	Poner contador e incrementar dos veces
3 + 5 = ____ o 5 + 3 = ____	3	1,2,3,4,2,3,4,2,3,4,2	Poner contador e incrementar tres veces
4 + 5 = ____ o 5 + 4 = ____	4	1,2,3,4,2,3,4,2,3,4,2,3,4,2	Poner contador e incrementar cuatro veces

Cuadro 14-16 Tiempo promedio para resolver problemas de adición simple



Adaptado de Groen y Parkman (1972). © 1972 American Psychological Association. Reproducido con permiso del autor.

Cuadro 14-17 Algunas fallas en la resta

Número de casos entre 1325 alumnos	Nombre	Ejemplo	Descripción
57	Pedir al cero	103 803 − 45 −508 158 395	Cuando al pedir prestado a una columna cuyo dígito superior es 0, el alumno escribe 9 pero no sigue pidiendo a la columna a la izquierda del 0.
54	Menor del mayor	253 −118 145	El alumno resta el dígito menor en cada columna del mayor, sin tener en cuenta cuál está arriba.
10	Cero menos un número es igual al número	140 − 21 121	Cuando el número superior de una columna es 0, el alumno escribe el dígito inferior como respuesta.
10	Saltar sobre 0 y pedir prestado	304 − 75 139	Cuando el alumno necesita pedir a una columna cuyo dígito superior es 0, se salta esa columna y pide a la siguiente.
34	Cero menos un número es igual al número *y* salta sobre cero y pide prestado	304 − 75 179	Cuando el dígito superior de una columna es cero, el alumno escribe el dígito inferior como respuesta. Cuando necesita pedir a la columna cuyo dígito superior es cero, se salta esa columna y pide a la siguiente.

pero eficaces. Los modelos para los procedimientos de suma y resta son importantes porque describen de forma precisa lo que las personas tienen en la memoria.

Como todo maestro sabe, los alumnos pueden utilizar algoritmos aritméticos ligeramente defectuosos. Por ejemplo, un alumno puede conocer el procedimiento para la resta de tres dígitos, pero con un pequeño «agujero», es decir, un pequeño paso operativo que es incorrecto. Un alumno que utiliza un algoritmo con uno o más fallos puede llegar a veces a la respuesta correcta y otras veces puede cometer errores. Más que establecer que un alumno particular trabaja en un test llegando a cierto nivel, es más útil describir qué conocimiento operativo tiene, con fallos y todos. Por ejemplo, BROWN y BURTON (1978) llegaron a especificar algunos de los fallos operativos de los algoritmos que usan los niños para las restas de tres dígitos. Los ejemplos aparecen en el cuadro 14-17. Obsérvese que algunos alumnos pueden haber realizado sólo un movimiento incorrecto (como en los cinco primeros ejemplos) o bien pueden haber cometido varios errores (como en los últimos ejemplos).

Brown y Burton hicieron resolver un conjunto de 15 problemas de resta por 1325 alumnos de la escuela primaria. Utilizaron un programa de computadora llamado BUGGY (fallado) para analizar el conocimiento operativo de cada estudiante para una resta de tres dígitos. Si las respuestas de un alumno eran todas correctas, BUGGY pondría a ese alumno en la categoría que utiliza el algoritmo correcto. Si había muchos errores, BUGGY intentaba hallar un fallo que diera cuenta de la mayor parte o de todos los errores. Si no había un único fallo que diera cuenta de todos los errores, entonces se intentaban todas las combinaciones posibles, hasta que BUGGY descubría la combinación que respondía mejor por los errores cometidos. Como puede observar el lector en el cuadro 14-17, 57 de 1325 sujetos parecían tener el fallo de «tomar prestado cero», mientras que 34 parecían tener tanto el fallo «Dif. 0 − n = n» como «Paso por encima del cero y tomo en préstamo», y así sucesivamente. El fallo «tomar prestado de cero» era lo más común, y aparecía solo o en combinación con otros fallos en 153 de los 1325 alumnos.

El programa BUGGY se basa en cientos de fallos o combinaciones de fallos, pero todavía no resultó completamente exitoso en el diagnóstico de los algoritmos de resta de los alumnos. El programa fue capaz de descubrir algoritmos (incluyendo fallos) que producían completa o parcialmente las respuestas del 43 por ciento de los alumnos. Los otros alumnos parecían estar cometiendo errores al azar o bien eran inconsistentes en sus errores de procedimiento. El programa BUGGY de Brown y Burton es un adelanto respecto de los métodos anteriores de evaluar el rendimiento porque aporta una descripción clara del conocimiento operativo de cada alumno.

Papel de los algoritmos algebraicos

Constituyen otro tipo de procedimiento operativo que hay que tener para resolver el problema de la barca a motor. Por ejemplo, supongamos que hay que resolver la ecuación siguiente:

$$2(R + 8) = 3(R - 8)$$

donde R es la velocidad de la barca. MAYER (1982) afirmó que son necesarias las siguientes destrezas algebraicas para resolver ese problema:

Despejar paréntesis (DP), por ejemplo, pasar de la ecuación dada a $2R + 16 = 3R - 24$

Mover la variable (MV), cómo pasar de la ecuación a $16 - 3R = 2R - 24$

Mover el número (MN), cómo pasar de la ecuación a $16 + 24 = 3R - 2R$

Cuadro 14-18 Algunas fallas al resolver ecuaciones

Errores de operador

borramiento	$\frac{x - 10}{x + 5} \longrightarrow -2$
transposición	$28x - 11 = 12x - 3 \longrightarrow 40x = -14$
recombinación	$x + x \longrightarrow x^2$
combinación de fracciones	$\frac{x}{1} + \frac{x + 1}{2} \longrightarrow \frac{x + x + 1}{2}$
multiplicación cruzada	$\frac{1}{2} = \frac{x - 10}{x + 5} \longrightarrow \frac{x + 5}{2(x - 10)}$
participación de ecuaciones	$\frac{5}{10} - \frac{x - 10}{x + 5} \longrightarrow 5 = x - 10$ y $10 = x + 5$
operaciones reciprocas	$\frac{1}{x} + \frac{1}{2x} \longrightarrow \frac{1}{x + 2x}$

Errores de aplicación

aplicación	$x + 2(x - 1) \longrightarrow x^2 + 3x + 2$

Errores de ejecución

ejecución parcial	$2(x + 1) \longrightarrow 2x + 1$
reemplazo	$-\frac{x + 3}{x} = -2 \longrightarrow -x + 3 = -2$

Adaptado de Carry, Lewis y Bernard (1980)

Combinar la variable (CV), cómo pasar de la ecuación a 16 + 24 = R

Combinar el número (CN), cómo pasar de la ecuación a 40 = R.

Al utilizar los procedimientos algebraicos también puede haber fallos, como en los algoritmos aritméticos. Por ejemplo, Carry, Lewis y Bernard (1980) confeccionaron una lista de cerca de 100 fallos que los estudiantes cometían al resolver las ecuaciones. El cuadro 14-18 presenta algunos ejemplos. Análisis de errores semejantes han sido realizados por Matz (1980) y por Davis y McKnight (1979).

Simon (1980) señaló no hace mucho tiempo que los libros de texto de álgebra tienden a poner el acento en los procedimientos algebraicos (como por ejemplo añadir cantidades iguales a ambos lados de la ecuación) pero no dan importancia a las condiciones en que ese algoritmo debe aplicarse. En otras

palabras, se enseñan los procedimientos pero no se enseñan las estrategias que indiquen cuándo hay que utilizarlos.

Conocimiento estratégico

Hasta aquí hemos considerado los tipos de conocimiento necesarios para traducir el problema de la barca a motor (lingüístico, semántico y de esquemas) y para resolverlo (algoritmos aritméticos y algebraicos). Esta sección estudiará un último tipo de conocimiento que se necesita para controlar el uso de estos tipos de información: el conocimiento estratégico. Una *estrategia* es una técnica general para resolver problemas; no garantiza que se encuentre, pero constituye una guía para resolver el problema. Por ejemplo, la sugerencia de Polya (1968) de «dividir el problema en problemas menores», es un ejemplo de estrategia.

En las ecuaciones del problema del barco el estado inicial es 2(R + 8) = 3(R − 8) y el estado final es R = ... El conocimiento estratégico es necesario para poder avanzar desde el estado inicial al estado final.

Bundy (1976) propuso un esquema para describir los procedimientos necesarios para resolver ecuaciones. Sugiere tres técnicas o procedimientos básicos:

> *Atracción*, reordenar las dos instancias de lo desconocido de modo que puedan convertirse en una instancia de lo desconocido realizando una sencilla operación aritmética, como pasar de 2R + 16 = 2R − 24 a 16 = 3R − 2R − 24.
>
> *Reunión*, realizar una simple operación aritmética de modo que las dos instancias de una incógnita puedan convertirse en una, como pasar de 16 = 3R − 2R − 24 a 16 = R − 24.
>
> *Aislamiento*, pasar todos los números al mismo lado de la ecuación, como por ejemplo pasar de 16 = R − 24 a 16 + 24 = R.

Para resolver una ecuación lineal como 2(R + 8) = 3(R − 8), un alumno podría utilizar el procedimiento de primero intentar atraer, luego intentar reunir y luego intentar aislar. Por ejemplo, si esta versión del sistema Bundy es correcta, podríamos predecir que el primer paso sería: 0 = 3(R − 8) = 2(R + 8). Este movimiento es un ejemplo de atracción porque intenta colocar las incógnitas del mismo lado de la ecuación.

Si bien el sistema de Bundy fue pensado fundamentalmente como base para un programa de computadora que resolviera ecuaciones, el lector puede reflexionar acerca de si es también una buena teoría psicológica. Para responder a esa pregunta, Lewis (1981) comparó la forma en que resuelven ecuaciones los estudiantes universitarios con la forma en que lo hace el sistema de Bundy.

Cuadro 14-19 Estrategias para resolver $9(x + 40) = 5(x + 40)$

Nombre	Número de estudiantes	Ejemplo de primer paso
Atracción	3	$9(x + 40) - 5(x + 40) = 0$
Eliminar paréntesis	25	$9x + 360 = 5x + 200$
Cancelar	6	$9 \div 5$

Adaptado de CARRY, LEWIS y BERNARD (1980)

Por ejemplo, tomemos la ecuación 9(X + 40) = 5(X + 40). Según Lewis, el sistema de Bundy intentaría utilizar la atracción, luego la reunión, luego el aislamiento. En cambio, como se ve en el cuadro 14-19, la mayoría de los estudiantes universitarios comenzó multiplicando para despejar los paréntesis, y algunos utilizaron el procedimiento de cancelar. De modo que, en muchos problemas, incluyendo aquéllos como nuestra ecuación de la barca a motor, pueden tener varios procedimientos diferentes.

En una serie de estudios recientes, MAYER, LARKIN y KADANE (1983) investigaron los procedimientos utilizados por los estudiantes para resolver ecuaciones semejantes a las del problema de la barca a motor. En particular se analizaron estos dos procedimientos principales:

Procedimiento de reducir, intentar hacer menos compleja la ecuación realizando todas las operaciones aritméticas indicadas.

Procedimiento de aislar, tratar de poner todas las x en el lado izquierdo del signo igual y los números en el lado derecho.

Mayer, Larkin y Kadane lograron identificar algunas situaciones en las cuales se utilizaba el procedimiento de aislar o el de reducir. Además, un estudio intensivo de pocos sujetos reveló considerables diferencias individuales; algunos sujetos utilizaban consistentemente un procedimiento y otros otro diferente.

Diferencias por el sexo

El aspecto de las diferencias por el sexo en la resolución de problemas matemáticos se plantea bastante, especialmente en la prensa popular. Por ejemplo, en un *Newsweek* de 1980 había un artículo titulado: «¿Tienen los varones un gen matemático?» y en esa misma semana el *Time* dedicaba una página al «Factor sexual en matemáticas». A pesar de la intensa atención ocasionalmente prestada por el público y de las fuertes opiniones a veces vertidas en las publicaciones populares, es posible examinar el tema de las diferencias por el sexo desde una perspectiva científica. En particular, examinemos las siguientes preguntas relacionadas: 1) ¿Se dan diferencias por sexo en las puntuacio-

Cuadro 14-20 Estudios en gran escala sobre las diferencias por sexo en la capacidad matemática

Estudio	Edad	Tamaño muestra: Niños	Tamaño muestra: Niñas	Puntajes medios: Niños	Puntajes medios: Niñas	Tamaño de la diferencia media*	Sexo con mayor puntaje
SRI (1972)	5	1.799	1.724	25,46	27,40	–,12	F
	7	1.596	1.488	38,44	40,58	–,16	F
Svensson (1971) (Suecia):							
Escuela I-1961	13	2.950	2.878	41,53	39,85	,17	M
Escuela II-1961	13	1.499	1.578	41,72	40,02	,17	M
Escuela I-1966	13	731	769	35,14	34,09	,08	M
Escuela II-1966	13	3.097	3.047	37,26	35,02	,16	M
Droege (1967): GATB (subpuntaje numérico)	14	3.398	3.680	97,70	100,19	,18	F
	15	3.348	3.491	99,37	101,74	,16	F
	16	3.229	3.395	102,76	103,08	,02	F
	17	3.028	3.139	106,54	105,70	,05	M
Proyecto Talento: Flanagan y otros (1961)	14	1.152	990	7,14	5,81	,36	M
	17	1.153	1.250	11,58	7,86	,64	M
ACTA 1966 manual normativizado (subpuntaje matem.): Monday y otros (1966-1967)	18	133.882	104.263	21,10	18,0	,47	M

* La diferencia entre las medias ha sido dividida por la media pesada de las desviaciones estandar de las dos distribuciones por sexo, es decir, la diferencia está expresada como un puntaje estándar.

Adaptado de MACCOBY y JACKLIN (1974)

nes que obtienen los niños al realizar tests de capacidad y rendimiento matemático? 2) Si es así, ¿a qué se deben estas diferencias?

¿Existen diferencias?

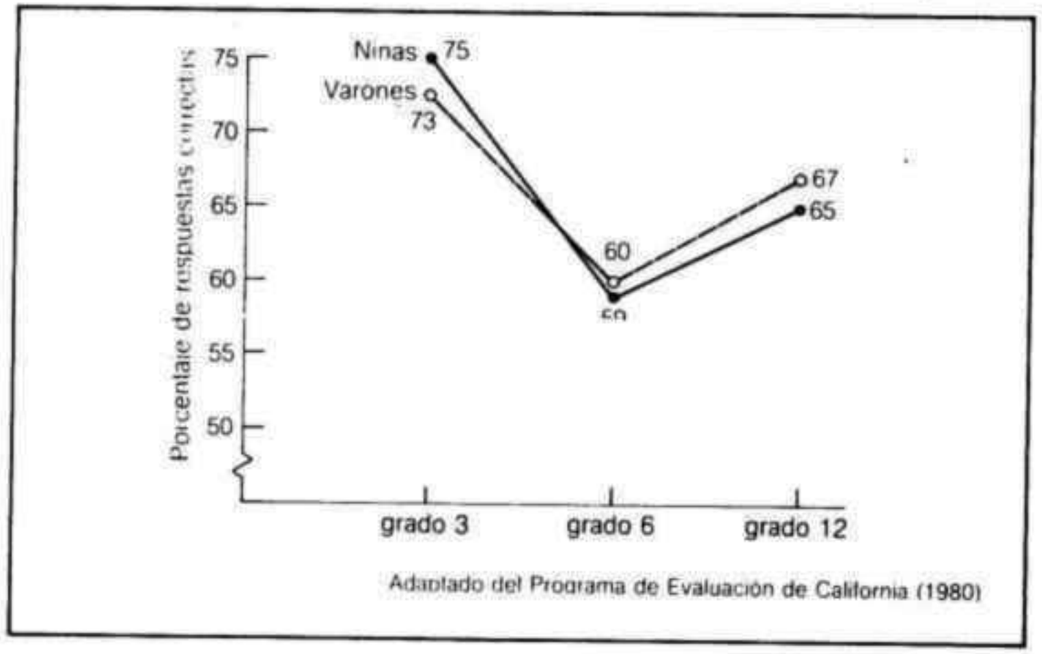
En su libro *The Psychology of Sex Differences,* MACCOBY y JACKLIN (1974) dedican una sección a las diferencias según el sexo en la capacidad matemática. En particular, resumen los datos de 27 estudios diferentes o grupos de estudios. En un estudio típico, un test estándar de capacidad matemática (como el SAT de matemáticas o el ACT de matemáticas) se aplica a una muestra amplia de niños en edad escolar. Maccoby y Jacklin sugieren observar los resultados por separado según los tres grupos de edad, que van desde 3 a 21 años.

En los niños pequeños (de 3 a 8 años) o bien no había diferencias entre las puntuaciones promedio de niños y niñas, o bien, cuando las había, las niñas tenían promedios más altos. Entre los sujetos de 9 a 12 años, algunos estudios no encontraron ninguna diferencia; los que encontraron diferencias, éstas eran a favor de los varones. En el grupo de 13 a 21 años, los varones tenían tendencia a promedios más altos en casi todos los estudios. MACCOBY y JACKLIN (1974) tomaron cinco estudios en los que incluían amplias muestras con miles de estudiantes. El cuadro 14-20 muestra los resultados de estos estudios en gran escala. De los cuatro estudios que incluían niños mayores de 12 años, en tres los varones puntúan más alto y en el otro no hay ninguna diferencia esencial.

Recientemente, MARSHALL (1980) analizó los datos de tests estandarizados de rendimiento matemático aplicados a todos los niños de tercero y sexto grado y último año de secundaria en las escuelas públicas de California durante los últimos cinco años. Estos datos, del Programa de Evaluación de California (1980), muestran claramente que en tercer grado las niñas obtienen unos promedios ligeramente más elevados; en sexto grado, los niños tienen una puntuación ligeramente más alta, y al final de la secundaria los varones tienen una puntuación sustancialmente más alta. Este patrón se resume en el cuadro 14-21 y es consecuente en casi todos los estudios realizados (FENNEMA, 1974, HILTON y BERGLUND, 1974; MACCOBY y JACKLIN, 1974). De modo que hay una tendencia aparente según la cual las diferencias por sexo en el rendimiento matemático dependen de la edad.

Las diferencias por sexo también parecen depender del tipo de problema presentado. Por ejemplo, BACKMAN (1972) descubrió que los varones de la escuela secundaria tenían promedios más altos que las chicas en los tests que implicaban otras formas de solución matemática aparte del cálculo, pero que no había diferencias en los tests de cálculo. Un patrón semejante se observó en los datos de FENNEMA y SHERMAN (1978); las niñas de sexto grado trabajaban mejor que los varones en los tests de cálculo y peor en los tests de aplicación

Cuadro 14-21 Resultados de los tests de matemáticas por sexo y edad



Adaptado del Programa de Evaluación de California (1980)

y resolución de problemas. Si bien las diferencias por sexo no son estadísticamente significativas en diversos casos, la tendencia es interesante y sugiere la necesidad de mayor estudio. En un análisis de los datos del Programa de Evaluación de California, MARSHALL (1980) constató que las niñas obtienen puntuaciones significativamente más altas que los varones en ciertos problemas de cálculo, mientras que los varones puntúan más alto en algunos problemas de aplicación.

¿Por qué existen estas diferencias?

Ahora viene la parte complicada. Supongamos por un momento que creemos en los datos que muestran que los varones tienden a puntuar más alto que las muchachas en los tests de resolución de problemas matemáticos, como dijimos en el párrafo anterior. El problema teórico difícil es el porqué de esos resultados. En esta sección consideraremos algunas explicaciones posibles.

En primer lugar examinemos el argumento de la «experiencia diferente». La superioridad de los varones durante la escuela secundaria puede deberse a su mayor interés en las matemáticas. Por ejemplo, los alumnos de la escuela primaria no tienen elección por lo general de los cursos que quieren seguir: todos deben estudiar aritmética. Los estudiantes de la escuela secundaria tienen opciones respecto de si estudian matemáticas o no, y es evidente que los

varones eligen más cursos de matemáticas que las muchachas en la escuela secundaria. Por tanto, el rendimiento en los tests de capacidad matemática puede deberse al hecho de que los varones han seguido más cursos de matemáticas que a cualquier otra diferencia en aptitudes básicas.

Para verificar esta idea, FENNEMA y SHERMAN (1977) hicieron unos tests a cerca de 1200 estudiantes secundarios que incluían rendimiento en matemática, aptitudes, experiencia en matemáticas, actitud de los padres, etcétera. Como se esperaba, los varones obtuvieron puntuaciones más altas que las niñas en los tests de rendimiento matemático. Sin embargo, cuando el análisis estadístico tenía en cuenta el número de cursos relativos a las matemáticas, las diferencias quedaban muy reducidas o desaparecían. Podríamos detenernos aquí, felices de haber resuelto el problema de las «diferencias por sexo», de no ser por algunos hechos discordantes. Un problema reside en que Fennema y Sherman parecen analizar los datos de cada escuela por separado; esto produce muestras de tamaño pequeño y puede influir en que las diferencias sean o no significativas. Un segundo problema es que otros investigadores no han podido consolidar este descubrimiento.

Hace poco, BENBOW y STANLEY (1980) publicaron un artículo titulado *Sex Differences in Mathematical Ability: Fact or Artifact?* Se basa en un estudio de 9927 alumnos de los primeros años de la escuela secundaria «intelectualmente dotados» seleccionados en cinco estados y el Distrito de Columbia para el Proyecto Talento. El objetivo de este proyecto es ubicar a los estudiantes de talento precoz para prepararlos en carreras apropiadas. Este estudio abarca seis años (1972 a 1979) e incluye estudiantes del 2 al 5 por ciento superior de sus clases en capacidad matemática. El cuadro 14-22 resume las puntuaciones matemáticas SAT de los varones y niñas de más talento de los grados séptimo y octavo. Benbow y Stanley afirman que si FENNEMA y SHERMAN (1974, 1977) tienen razón respecto de la importancia del número de cursos de matemáticas realizados, entonces no debería haber diferencias entre los niños de los dos primeros años de la escuela secundaria (véase cuadro 14-22). Estos estudiantes todavía no han podido elegir si tomar o no cursos adicionales de matemáticas. Como lo muestra el cuadro 14-22, los varones de la muestra obtuvieron puntuaciones más altas que las niñas en el SAT de matemáticas; además los niños más inteligentes tendían a puntuar más alto que las niñas más inteligentes, y el porcentaje de estudiantes que obtenían puntuaciones superiores a 600 (de 800) es más alto para los varones. Basándose en estos descubrimientos, BENBOW y STANLEY (1980, pág. 1263) afirman: «La diferencia por el sexo en la capacidad de razonamiento matemático que descubrimos se observó antes de que las niñas y los varones comenzaran a diferir significativamente por el número y tipo de los cursos de matemáticas que habían seguido».

Si bien los resultados de Benbow y Stanley arrojan dudas sobre la teoría de que las diferencias por sexo se deben a las diferencias en el número de cursos de matemáticas seguidos, el estudio no aporta una evidencia definitiva en

Cuadro 14-22 Diferencias por sexo en puntajes SAT matemáticos de los alumnos del Proyecto Talento

Fecha del test	Grado	Número		Puntaje SAT-V*		Puntajes SAT-M**				Porcentaje de puntuacion por encima de 600 en SAT-M	
								Puntaje mas alto			
		Niños	Niñas	Ninos	Ninas	Niños	Ninas	Ninos	Ninas	Niños	Niñas
Marzo 1972	7	90	77			460	423	740	590	7,8	0
	8*	133	96			528	458	790	600	27,1	0
Enero 1973	7	135	88	385	374	495	440	800	620	8,1	1,1
	8*	286	158	431	442	551	511	800	650	22,7	8,2
Enero 1974	7	372	222			473	440	760	630	6,5	1,8
	8*	556	369			540	503	750	700	21,6	7,9
Diciembre 1976	7	495	356	370	368	455	421	780	610	5,5	0,6
	8**	12	10	487	390	598	482	750	600	58,3	0
Enero 1978	7 y 8***	1549	1249	375	372	448	413	790	760	5,3	0,8
Enero 1979	7 y 8***	2046	1628	370	370	436	404	790	760	3,2	0,9

* El puntaje medio para una muestra al azar de estudiantes de primeros años y de últimos años de escuela secundaria fue: 368 para varones y hembras (8).
** Media de alumnos de primeros y últimos años de escuela secundaria: varones, 416; hembras, 390 (8).
*** Estos pocos alumnos de 8.° estaban adelantados al menos 1 año en su ubicación en la escuela.

Adaptado de BENBOW y STANLEY (1980). © 1980. American Association for the Advancement of Science.

favor de una teoría alternativa. Además, el estudio de Benbow y Stanley ha sido muy criticado por el motivo de que el proceso de búsqueda para localizar a los estudiantes varones de talento puede ser más eficaz que el realizado para localizar a las niñas de talento. Además, no se puso énfasis en las posibles diferencias entre las actitudes de los estudiantes, las expectativas de los padres, etcétera. Parece probable que ya en ese momento de sus estudios los niños adquieren actitudes, expectativas y diferentes niveles de experiencia en relación con las matemáticas. De modo que, en la actualidad, necesitamos más estudios en gran escala utilizando población normal antes de aceptar o rechazar la idea de que las diferencias de puntuación se deben a diferentes experiencias.

Otra explicación para las diferencias por sexo en las puntuaciones brutas es el argumento de la «socialización». Existe cada vez mayor evidencia (Maccoby y Jacklin, 1974; Fennema, 1974; Fennema y Sherman, 1977, 1978) de que a los niños se les enseña que las matemáticas son para los varones, de que las niñas tienen menos experiencias relativas a la aritmética en sus primeros años y que tienden a tener menor confianza y expectativas en sí mismas en matemáticas. En un estudio reciente, Fennema y Sherman observan que las actitudes de las niñas respecto a las matemáticas parecen marchitarse a medida que crecen: «En sus primeros años, las niñas no consideran las matemáticas como menos útiles de lo que las consideran los varones, ni tampoco perciben ninguna actitud hacia ellas como estudiantes de matemáticas menos positiva por parte de maestros o de padres. Sin embargo, cuando llegan a sexto grado, las niñas expresan menos confianza que los varones en su capacidad para las matemáticas y la materia se considera masculina, especialmente por parte de los varones. En los años de la escuela secundaria estas influencias de la diferencia de actitud continúan y se ven aumentadas por otras influencias negativas» (1978, pág. 202). Por ejemplo, Fennema y Sherman (1974) descubrieron que cuando los análisis estadísticos tenían en cuenta las actitudes de los estudiantes y las experiencias de socialización en matemáticas, las diferencias por sexo en las puntuaciones de rendimiento matemático disminuían o desaparecían. Desgraciadamente estos ajustes estadísticos no son tan convincentes como podría serlo un «experimento en la vida real». Si las actitudes sociales cambiaran de modo que las matemáticas ya no se consideraran un campo masculino, podríamos esperar una reducción o eliminación de las diferencias por sexo en el rendimiento matemático. Hasta que ese cambio de actitud no sea completo en nuestra sociedad o hasta que tengamos muchos más datos estadísticos, no podemos aceptar o rechazar definitivamente el argumento de la socialización.

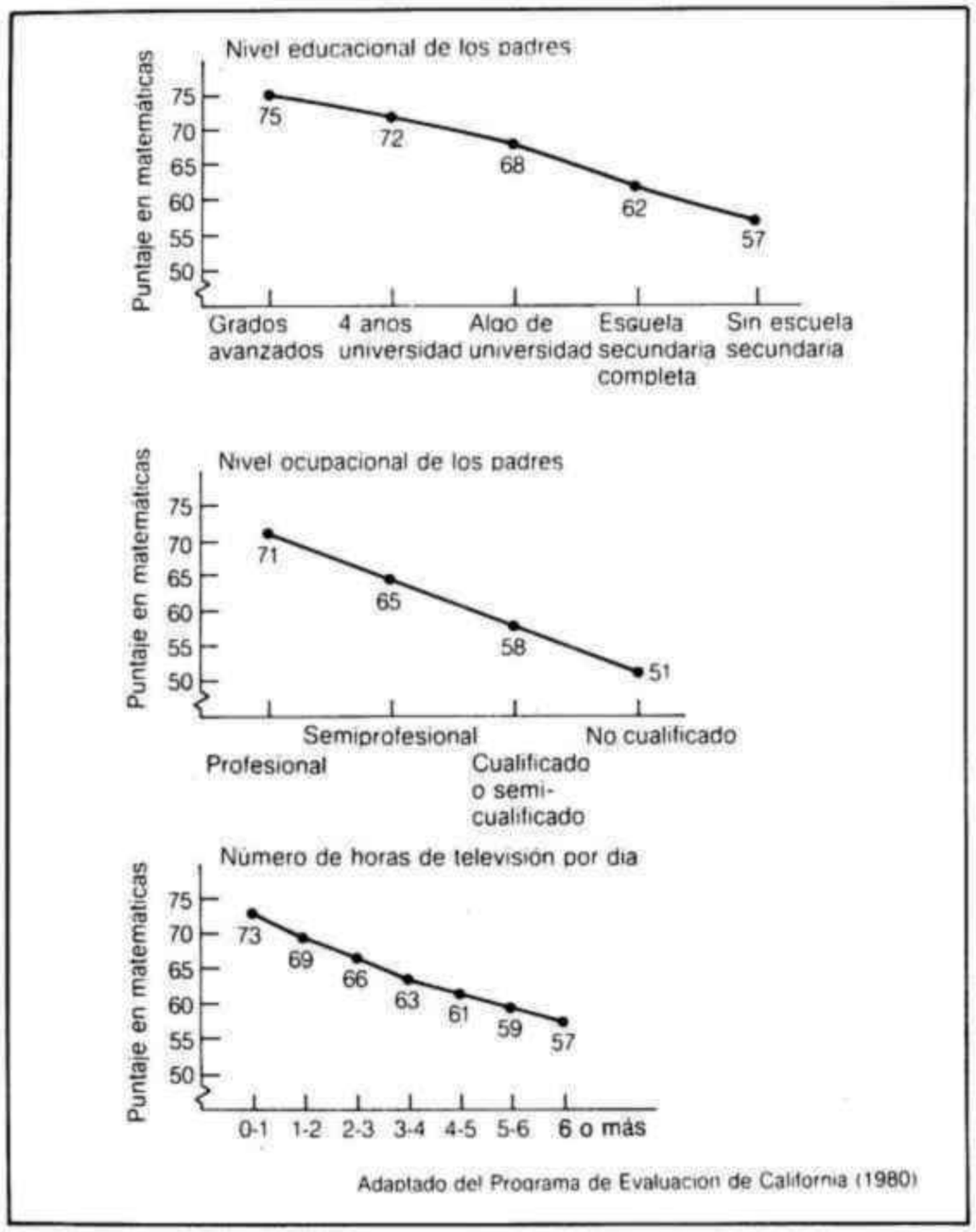
Otra explicación es que las diferencias por sexo en la capacidad matemática se deben, al menos en parte, a diferencias genéticas entre varones y niños. Por ejemplo, Benbow y Stanley (1980, pág. 1264) sugieren: «Estamos a favor de la hipótesis de que las diferencias por sexo en los logros y en la actitud hacia las matemáticas provienen de una capacidad masculina superior para las matemáticas, que a su vez puede remitirse a una mayor capacidad masculina en tareas espaciales. Esta superioridad masculina probablemente es la expresión de una combinación tanto de variables endógenas como exógenas... Creer que los procesos de socialización varón-contra-mujer como única explicación posible de las diferencias por sexo en las matemáticas es prematuro». Estas pueden parecer al lector palabras mayores; sin embargo, Benbow y Stanley no pudieron ofrecer ninguna experiencia positiva para sostener una teoría genética sobre las diferencias por sexo en la capacidad matemática. Aunque las revistas puedan conmover a sus lectores con titulares sobre los «genes matemáticos» en los hombres, hasta el presente no hay evidencia convincente que sostenga dicha hipótesis. Además, no queda claro cómo una teoría genética podría explicar los cambios de diferencias por sexo con la edad. Sin embargo, a pesar de lo desagradable o simplemente tonta que la teoría genética resulte para muchas personas, debemos recordar que la verificación de una teoría reside en el estudio cuidadoso y los datos empíricos y no en nuestras propias tendencias.

En resumen, a la pregunta: «¿Por qué a veces se observan diferencias por sexo en los puntajes matemáticos?» debemos responder: «No estamos seguros, pero una buena hipótesis es que existen diferencias de socialización». En cierto sentido el problema de las diferencias por sexo en la resolución de problemas matemáticos es una cuestión sin importancia. Si nos interesamos en los factores fundamentales que influyen sobre la resolución de problemas matemáticos, es evidente que debemos centrarnos en el nivel educativo y ecónomico de los padres e incluso en el número de horas por día que el estudiante pasa mirando la televisión. Por ejemplo, el cuadro 14-23 muestra las puntuaciones de rendimiento en matemáticas de alumnos del último año de escuela secundaria de las escuelas públicas de California (Programa de Evaluación de California, 1980); el primer gráfico muestra que los estudiantes que tienen padres con mayor educación tienen una puntuación promedio de 18 puntos más alta que los que tienen padres con menor nivel educativo. El segundo gráfico muestra que los estudiantes que tienen padres con trabajos profesionales tienen una puntuación promedio 20 puntos más alta que los alumnos cuyos padres tienen trabajos no cualificados; el tercer gráfico muestra que los alumnos que miran poca o ninguna televisión tienen una puntuación promedio 16 puntos más alta en los que miran 6 horas o más la televisión por día. Si se comparan estas diferencias, con la diferencia por sexo de sólo 2 puntos, advertimos que el sexo del estudiante es un factor sin importancia.

Evaluación

Las investigaciones sobre la resolución de problemas matemáticos adquirieron fuerza en la década pasada. Existe una evidencia creciente de que las personas que son capaces de resolver problemas matemáticos poseen el cono-

Cuadro 14-23 Puntajes matematicos segun el nivel educacional de los padres, el nivel ocupacional de los padres y por el numero de horas de mirar la television



Adaptado del Programa de Evaluacion de California (1980)

cimiento apropiado. Este trabajo tiene consecuencias tanto para las teorías psicológicas sobre la resolución de problemas como para la enseñanza práctica en las escuelas. Si bien estas investigaciones están en sus inicios, algún día seremos capaces de especificar el conocimiento semántico, esquemático, operativo y estratégico implícito en los diversos problemas. Además, seremos capaces de evaluar mejor lo que se aprende, diagnosticar errores o brechas en ese conocimiento y enfocar la instrucción de acuerdo con todo ello. La capacidad de la psicología para estudiar problemas complejos y reales sugiere una creciente madurez de este campo. Además, al observar el mundo real en busca de problemas para estudiar, la psicología se ve empujada hacia adelante y se la constriñe a desarrollar nuevas y mejores teorías.

Lecturas recomendadas

RESNICK, L. B. y FORD, W. *The psychology of mathematics for instruction*. Hillsdale, N. J.; Erlbaum, 1981. Aporta una introducción a la investigación y a la teoría sobre la psicología de la solución de problemas matemáticos.

Bibliografía

Ach, N.: «Determining tendencies», en J. M. Mandler y G. Mandler (comps.), *Thinking: From association to Gestalt*, Nueva York, Wiley, 1964 (1.ª ed. alemana 1905).

Adams, J.: *Learning and memory: An introduction*, Homewood, Ill., Dorsey, 1976.

Adams, J. L.: *Conceptual blockbusting*, San Francisco, W. H. Freeman y Cía., 1974.

Adamson, R. E.: «Functional fixedness as related to problem solving: A repetition of three experiments», *Journal of Experimental Psychology*, 1952, *44*, 288-291.

Adamson, R. E. y Taylor, D. W.: «Functional fixedness as related to elapsed time and set», *Journal of Experimental Psychology*, 1954, *47*, 122-216.

Anastasi, A. y Schaefer, C. E.: «Note on concepts of creativity and intelligence», *Journal of Creative Behavior*, 1971, *3*, 113-116.

Anderson, J. R.: *Language, memory, and thought*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1976.

Anderson, J. R.: *Cognitive psychology and its implications*, San Francisco, W. H. Freeman y Cía. 1980.

Anderson, R. C., Reynolds, R. E., Schallert, D. L. y Goetz, E. T.: «Framework for comprehending discourse», *American Educational Research Journal*, 1977, *14*, 367-382.

Atwood, M. E. y Polson, P. G.: «A process model for water jug problems», *Cognitive Psychology*, 1976, 8, 191-216.

Ausubel, D. P.: *Educational psychology: A cognitive view*, Nueva York, Holt, Rinehart y Winston, 1968.

Backman, M. E.: «Patterns of mental abilities: Ethnic, socioeconomic, and sex diferences», *American Educational Research Journal*, 1972, 9, 1-12.

Bakan, P.: «Hypnotizability, laterality of eye movements, and functional brain asymmetry», *Perceptual and Motor Skills*, 1969, 28, 927-932.

Bartlett, F. C.: *Remembering: A study in experimental and social psychology*, Londres, Cambridge University Press, 1932.
Barlett, F. C.: *Thinking*, Londres, Allen & Unwin, 1958.
Battersby, W. S., Teuber, H. L. y Bender, M. B.: «Problem solving behavior in men with frontal or occipital brain injuries», *Journal of Psychology*, 1953, 35, 329-351.
Battig, W. F. y Bourne, L. E. (h.): «Concept identification as a function of intra- and inter-dimension variability», *Journal of Experimental Psychology*, 1961, 61, 329-333.
Baum, M. H.: «Single concept learning as a function of intralist generalization», *Journal of Experimental Psychology*, 1954, 47, 89-94.
Begg, I. y Denny, P.: «Empirical reconciliation of atmosphere and conversion interpretations of syllogistic reasoning errors», *Journal of Experimental Psychology*, 1969, 81, 351-354.
Beilin, H.: «Development determinants of word and nonsense anagram solution», *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1967, 6, 523-527.
Beilin, H.: «The training and acquisition of logical operations», en M. F. Rosskopf, L. P. Steffe y S. Tabach (comps.), *Piagetian cognitive-developmental research and mathematical education*, Washington, D.C., National Council of Teachers of Mathematics, 1971.
Beilin, H. y Horn, R.: «Transition probability effects in anagram problem solving», *Journal of Experimental Psychology*, 1962, 63, 514-518.
Benbow, C. y Stanley, J.: «Sex differences in mathematics ability: Fact or artifact?» *Science*, 1980, 210, 1262-1264.
Benton, A. L.: *Right-left discrimination and finger localization: Development and pathology*, Nueva York, Hoeber, 1959.
Berlin, B. y Kay, P.: *Basic color terms: Their universality and evolution*, University of California Press, 1969.
Berlyne, D. E.: *Structure and direction in thinking*, Nueva York, Wiley, 1965.
Birch, H. G.: «The relation of previous experience to insightful problem solving», *Journal of Comparative Psychology*, 1945, 38, 367-383.
Birch, H. G. y Rabinowitz, H. S.: «The negative effect of previous experience on productive thinking», *Journal of Experimental Psychology*, 1951, 41, 121-125.
Bjork, R. A.: «All-or-none subprocesses in learning a complex sequence», *Journal of Mathematical Psychology*, 1968, 5, 182-195.
Bloom, B. S. y Broder, L. J.: *Problem-solving processes of college students. An exploratory investigation*, Chicago, University of Chicago Press, 1950.
Bobrow, D. G.: «Natural language input for a computer problem-solving system», en M. Minsky (comp.), *Semantic information processing*, Cambridge, Mass., M.I.T. Press, 1968.
Boring, E. G.: «Intelligence as the tests test it», *New Republic*, 1923, 35, 35-37.
Bouchard, T. J.: «What ever happened to brainstorming?» *Journal of Creative Behavior*, 1971, 3, 182-189.
Bourne, L. E. (h.): *Human conceptual behavior*, Boston, Allyn & Bacon, 1966.
Bourne, L. E. (h.): «Knowing and using concepts», *Psychological Review*, 1970, 77, 546-556.
Bourne, L. E. (h.), Ekstrand, B. R. y Dominowski, R. L.: *The psychology of thinking*, Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1971.

Bower, G. H. y Trabasso, T. R.: «Reversals prior to solution in concept identification», *Journal of Experimental Psychology*, 1963, 66, 409-418.
Bower, G. H. y Trabasso, T. R.: «Concept identification», en R. C. Atkinson (comp.), *Studies in mathematical psychology*, Stanford, Calif., Stanford University Press, 1964.
Brainerd, C. J.: «Neo-Piagetian training experiments revisted: Is there any support for the cognitive-developmental stage hypothesis?» *Cognition*, 1974, 2, 349-370.
Bransford, J. D.: *Human cognition: Learning, understanding and remembering*, Belmont, Calif., Wadsworth, 1979.
Bransford, J. D. y Franks, J. J.: «The abstraction of linguistic ideas», *Cognitive Psychology*, 1971, 2, 331-350.
Bransford, J. D. y Johnson, M. K.: «Contextual prerequisites for understanding: Some investigations of comprehension and recall», *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1972, 61, 717-726.
Braun, H. W. y Geiselhart, R.: «Age differences in the acquisition and extinction of the conditioned eyelid response», *Journal of Experimental Psychology*, 1959, 57, 386-388.
Brown, A. L. y DeLoache, J. S.: «Skills, plans, and self-regulation», en R. S. Siegler (comp.), *Children's thinking: What develops?* Hillsdale, N.J., Erlbaum, 1978.
Brown, F. G.: *Principles of educational and psychological testing*, (3.ª ed.) Nueva York, Holt, Rinehart y Winston, 1983.
Brown, J. S. y Burton, R.: «Diagnostic models for procedural bugs in basic mathematical skill», *Cognitive Science*, 1978, 2, 155-192.
Brown, R. W. y Berko, J.: «Word association and the acquisition of grammar», *Child Development*, 1960, 31, 1-14.
Brown, R. W. y Lenneberg, E. H.: «A study of language and cognition», *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 1954, 49, 454-462.
Brown, R. W. y McNeil, D.: «The "tip-of-the-tongue" phenomena», *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1966, 5, 325-337.
Brownell, W. A.: «Psychological considerations in the learning and teaching of arithmetic», en *The teaching of arithmetic: Tenth yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics*, Nueva York, Columbia University Press, 1935.
Brownell, W. A. y Moser, H. E.: «Meaningful vs. mechanical learning: A study in grade III subtraction», *Duke University research studies in education*, N.º 8, Durham, N. C., Duke University Press, 1949.
Bruner, J. S.: «The act of discovery», *Harvard Educational Review*, 1961, 31, 21-32.
Bruner, J. S.: «The course of cognitive growth», *American Psychologist*, 1964, 19, 1-15.
Bruner, J. S.: «Some elements of discovery», en L. S. Shulman y E. R. Keisler (comps.), *Learning by discovery*, Chicago, Rand McNally, 1966.
Bruner, J. S.: *Toward a theory of instruction*, Nueva York, Norton, 1968. [Hay traducción castellana: *Hacia una teoría de la instrucción*, Montaner y Simon, 1972.]
Bruner, J. S.: *Beyond the information given: Studies in the psychology of knowing*, Nueva York, Norton, 1973.
Bruner, J. S., Goodnow, J. J. y Austin, G. A.: *A study of thinking*, Nueva York, Wiley, 1956.
Bruner, J. S., y Kenney, H. J.: «Representation and mathematics learning», en L. N. Morrisett y J. Vinsonhaler (comps.), *Mathematical learning. Monographs*

of the Society for Research in Child Development, 1965 (Ser. n.° 99), 30.
Bruner, J. S. y Kenney, H.: «Multiple ordering», en J. S. Bruner, R. R. Olver y P. M. Greenfield (comps.), *Studies in cognitive growth*, Nueva York, Wiley, 1966.
Bruner, J. S., Olver, R. R. y Greenfield, P. M. (comps.): *Studies in cognitive growth*, Nueva York, Wiley, 1966. [Hay traducción castellana: *Investigaciones sobre el desarrollo cognitivo*, Pablo del Río Editor, 1980.]
Bryant, P. E. y Trabasso, T.: «Transitive inferences and memory in young childen», *Nature*, 1971, 232, 456-458.
Buchanan, B., Sutherland, G. y Feiganbaum, E. A.: «Heuristic DENTRAL: A program for generating explanatory hypotheses in organic chemistry». *En Machine Intelligence 4*, Nueva York, Elsevier, 1969.
Bundy, A.: Analyzing mathematical proofs. Research report N.° 2, Edimburgo, Department of Artificial Intelligence, Universidad de Edimburgo, 1975.
Buros, O. K.: *Mental measurements yearbook*, Highland Park, N.J., Gryphon Press, 1978.
Burrows, D. y Okada, R.: «Serial position effects in high-speed memory search», *Perception and Psychophysics*, 1971, 10, 305-308.

«California Assessment Program», *Student achievement in California schools:* 1979-80 *annual report*, Sacramento, Califonia State Department of Education, 1980.
Campione, J. C. y Brown, A. L.: *Toward a theory of intelligence: Contributions from research with retarded children*, Norwood, N. J., Ablex, 1979.
Carmichael, L. L., Hogan, H. P. y Walter, A. A.: «An experimental study of the effect of language on the reproduction of visually perceived form», *Journal of Experimental Psychology*, 1932, 15, 73-86.
Carpenter, P. A. y Just, M. A.: «Sentence comprehension: A psycholinguistic processing model of verification», *Psychological Review*, 1975, 82, 45-73.
Carpenter, T. P.: «Hueristic strategies used to solve addition and subtraction problems», en R. Karplus (comp.), *Proceedings of the fourth international conference for the psychology of mathematics education*, Berkeley, University of California, 1980.
Carpenter, T. P., Corbitt, M. K., Kepner, H. S. y Lindquist, M. M.: «National assessment: A perspective of mathematics achievement in the United States», en R. Karplus (comp.), *Proceeding of the fourth international conference for the psychology of mathematics instruction*, Berkeley, University of California, 1980.
Carroll, J. B.: «Psychometric tests as cognitive tasks: A new structure of intellect», en L. B. Resnick (comp.), *The nature of intelligence*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1976.
Carry, L. R., Lewis, C., y Bernard, J. E.: *Psychology of equation solving: An information processing study*, Department of Curriculum and Instruction. University of Texas at Austin, 1980.
Case, R.: «Intellectual development from birth to adulthood: A neo-Piagetian interpretation», en R. S. Siegler (comp.), *Children's Thinking: What develops?* Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1978a. [Hay traducción castellana: *El desarrollo intelectual del nacimiento a la edad adulta*, Paidós, 1986.]
Case, R.: «Implications of developmental psychology for the design of effective instruction», en A. M. Lesgold, J. W. Pelligrino, S. D. Fokkema, y R. Glaser (comps.), *Cognitive psychology and instruction*, Nueva York, Plenum, 1978b.

Cavanagh, J. P.: «Relation between the immediate memory span and the memory search rate», *Psychological review*, 1972, 79, 525-530.
Ceraso, J., y Provitera, A.: «Sources of error in syllogistic reasoning», *Cognitive Psychology*, 1971, 2, 400-410.
Chapman, L. J., y Chapman, J. P.: «Atmosphere effect reexamined», *Journal of Experimental Psychology*, 1959, 58, 220-226.
Chapman, L. J., y Chapman, J. P.: «Genesis of popular but erroneous psychodiagnostic observations», *Journal of Abnormal Psychology*, 1967, *73*, 193-204.
Chapman, L. J. y Chapman, J. P.: «Illusory correlation as an obstacle to the use of valid psychodiagnostic signs», *Journal of Abnormal Psychology*, 1969, *74*, 271-280.
Chapman, R. M.: «Evoked potentials of the brain related to thinking», en F. J. McGuigan y R. A. Schoonover (comps.), *The psychophysiology of thinking*, Nueva York, Academic Press, 1973.
Chase, W. G. y Clark, H. H.: «Mental operations in the comparison of sentences and pictures», en L. Gregg (comp.), *Cognition in learning and memory*, Nueva York, Wiley, 1972.
Chase, W. G. y Simon, H. A.: «Perception in chess», *Cognitive Psychology*, 1973, 4, 55-81.
Chi, M. T. H.: «Short-term memory limitations in children: Capacity or processing deficits», *Memory and Cognition*, 1976, *4*, 559-572.
Chi, M. T. H.: «Knowlegde structures and memory development», en R. S. Siegler (comp.), *Children's thinking: What develops?* Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1978.
Chomsky, N.: *Syntactic structures*, La Haya, Mouton, 1957.
Chomsky, N.: «Verbal behavior (a review)», *Language*, 1959, 35, 26-58.
Chomsky, N.: *Aspects of the theory of syntax*. Cambridge, M.I.T. Press, 1965. [Hay traducción castellana: *Aspectos de la teoría de la sintaxis*, Aguilar, S.A., 1976.]
Chomsky, N.: *Language and mind*, Nueva York, Harcourt, Brace Jovanovich, 1968. [Hay traducción castellana: *El lenguaje y el entendimiento*, Seix Barral S.A., 1980.]
Clark, H. H.: «Linguistic processes in deductive reasoning», *Psychological Review*, 1969, 76, 387-404.
Clark, H. H., y Chase, W. G.: «On the process of comparing sentences against pictures», *Cognitive Psychology*, 1972, 3, 472-517.
Clement, J., Lochhead, J., y Soloway, E.: «Translation between symbol systems: Isolating a common difficulty in solving algebra word problems». COINS technical report N.° 79-19. Amherst: Department of Computer and Information Sciences, Universidad de Massachusetts, marzo 1979.
Clifton, C., y Birenbaum, S.: «Effects of serial position and delay of probe in a memory scan task», *Journal of Experimental Psychology*, 1970, 86, 69-76.
Coler, C. N.: «Verbal behavior in relation to reasoning and values», en H. Guetzkow (comp.), *Group leadership and men*, Pittsburgh, Carnegie Press, 1951.
Cohen, L. J.: «On the psychology of prediction: Whose is the fallacy?» *Cognition*, 1979, 7, 385-407.
Cohen, L. J.: «Whose is the fallacy?». Réplica a Daniel Kahneman y Amos Tversky, *Cognition*, 1980, 8, 89-92.
Colby, K. M.: «Computer simulation of neurotic processes», en R. W. Stacey y B. D. Waxman (comps.), *Computers in biomedical research*, Nueva York, Academic Press, 1965.

Colby, K. M., Watt, J., y Gilbert, J. P.: «A computer model of psychotherapy», *Journal of Nervous and Mental Diseases*, 1966, 142, 148-152.
Collins, A. M. y Loftus, E. F.: «A spreading activation theory of semantic processing», *Psychological review*, 1975, 82, 407-428.
Collins, A. M., y Quillian, M. R.: «Retrieval time from semantic memory», *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1969, 8, 240-247.
Collins, A. M. y Quillian, M. R.: «How to make a language user», en E. Tulving y W. Donaldson (comps.), *Organization of memory*, Nueva York, Wiley, 1972.
Conrad, C.: «Cognitive economy in semantic memory», *Journal of Experimental Psychology*, 1972, 92, 149-154.
Cooper, L. A.: «Mental rotation of randon two-dimensional forms», *Cognitive Psychology*, 1975, 7, 20-43.
Cooper, L. A.: «Duration of a mental analog of an external rotation», *Perception & Psychophysics*, 1976, 19, 296-302.
Cooper, L. A., y Shepard, R. N.: «Chronometric studies of the rotation of mental images», en W. G. Chase (comp.), *Visual information processing*, Nueva York, Academic Press, 1973a.
Cooper, L. A., y Shepard, R. N.: «The time required to prepare for a rotated stimulus», *Memory & Cognition*, 1973b, 1, 246-250.
Corman, B. R.: «The effect of varying amounts and kinds of information as guidance in problem solving», *Psychological Monographs*, 1957, 71, todo el número 431.
Covington, M. V., Crutchfield, R. S., y Davies, L. B.: *The productive thinking program*, Berkeley, Calif., Brazelton, 1966.
Covington, M. V., Crutchfield, R. S., Davies, L. B., y Olton, R. M.: *The productive thinking program*, Columbus, Ohio, Merrill. 1974.
Crawford, R. P.: *The techniques of creative thinking*, Nueva York, Hawthorn, 1954.
Crombach, L. J.: «The two disciplines of scientific psychology», *American Psychologist*, 1957, 12, 671-684.

Dattman, P. E., e Israel, H.: «The order of dominance among conceptual capacities: An experimental test of Heidbreder's hypothesis», *Journal of Psychology*, 1951, 31, 147-160.
Davis, G. A.: *Psychology of problem solving: Theory and practice*, Nueva York, Basic Books, 1973.
Davis, G. A., y Houtman, S. E.: *Thinking creatively: A guide to training imagination*, Madison, Wisconsin Research and Development Center, 1968.
Davis, G. A., y Scott, J. A.: *Training creative thinking*, Huntington, N.Y., Krieger, 1978. [Hay traducción castellana: *Estrategias para la creatividad*, Paidós, 1984.]
Davis, R. B., y McKnight, C. C.: «Modeling the processes of mathematical thinking», *Journal of Children's Mathematical Behavior*, 1979, 2, 91-113.
Delgado, J. M. R.: *Physical control of the mind*, Nueva York, Harper & Row, 1969.
DeSoto, C. B.: Learning and social structure, *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 1960, *60*, 417-421.
DeSoto, C. B., London, M., y Handel, S.: «Social reasoning and spatial paralogic», *Journal of Personality and Social Psychology*, 1965, 2, 513-521.
Devnich, G. E.: «Words as "Gestalten"», *Journal of Experimental Psychology*, 1937, 20, 297-300.

Dominowski, R. L., y Duncan, C. P.: «Anagram solving as a function of bigram frequency», *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1964, 3, 321-325.
Donchin, E. e Israel, J. B.: «Event-related potentials: Approaches to cognitive psychology», en R. E. Snow, P. Federico, y W. E. Montague (comps.), *Aptitude, learning, and instruction*, Vol. 2, Hillsdale, N.J., Erlbaum, 1980.
Donders, F. C.: «Over de snelheid van psychische processen», *Ondersoekingen gedaan in het Physiologisch Laboratium der Utrechtsche Hoogeschool*, 1868-1869, 2, 92-120. W. G. Koster (trad.), *Acta Psychologica*, 1969, 30, 412-431.
Doob, L. W.: «Eidetic images among the Ibo», *Ethnology*, 1964, 3, 357-363.
Dooling, D. J. y Lachman, R.: «Effects of comprehension on the retention of prose», *Journal of Experimental Psychology*, 1971, 88, 216-222.
Dooling, D. J., y Mullet, R. L.: «Locus of thematic effects in retention of prose», *Journal of Experimental Psychology*, 1973, 97, 404-406.
Duncker, K.: «On problem solving», *Psychological Monographs*, 1945, 58:5, todo el número 270.
Dunnette, M. D., Campbell, J., y Jaastad, K.: «Effect of group participation on brainstorming effectiveness for two industrial samples», *Journal of Applied Psychology*, 1963, 47, 30-37.

Edwards, M. W.: «A survey of problem solving courses», *Journal of Creative Behavior*, 1968, 2, 33-51.
Egan, D. E., y Greeno, J. G.: «Theory of rule induction: Knowledge acquired in concept learning, serial pattern learning, and problem solving», en L. W. Gregg, (comp.), *Knowledge and Cognition*, Hillsdale, N.J., Erlbaum, 1974.
Ehrlichman, H., Weiner, S., y Baker, A.: «Effects of verbal and spatial questions on initial gaze shifts», *Neuropsychologia*, 1974, *12*, 265-277.
Ekstrom, R. B., French, J. W. y Harman, H. H.: *Manual for Kit of Factor-Referenced Cognitive Tests*, Princeton, N.J., Educational Testing Service, 1976.
Elkind, D.: «Introduction, In J. Piaget», *Six psychological studies*, Nueva York, Random House, 1967.
Erickson, J. R.: «A set analysis theory of behavior in formal syllogistic reasoning tasks», en R. L. Solso (comp.), *Theories of cognitive psychology: The Loyola symposium*, Hillsdale, N.J., Erlbaun, 1974.
Erickson, J. R.: «Research on syllogistic reasoning», en R. Revlin y R. E. Mayer (comps.), *Human Reasoning*, Nueva York, Wiley/Winston, 1978.
Ernst, G. W. y Newell, A. *GPS: A case study in generality and problem solving*, Nueva York: Academic Press, 1969.
Ervin, S. M.: «Changes with age in the verbal determinants of word-association», *American Journal of Psychology*, 1961, 74, 361-372.
Evans, J.: «Current issues in the psychology of reasoning», *British Journal of Psychology*, 1980, 71, 227-239.
Evans, T, G.: «A program for the solution of a class of geometry-analogy intelligence test questions», en M. L. Minsky (comp.), *Semantic information processing*, Cambridge, Mass., M.I.T. Press, 1968.
Ewert, P. H. y Lambert, J. F.: «Part II: The effect of verbal instructions upon the formation of a concept», *Journal of General Psychology*, 1932, 6, 400-411.

Feigenbaum, E. A.: «Information processing and memory», en D. A. Norman (comp.), *Models of human memory*, Nueva York: Academic Press, 1970, 451-469.
Feldhusen, J. F., Treffinger, D. J. y Bahlke, S. J.: «Developing creative thinking: The Purdue creativity program», *Journal of Creative Behavior*, 1970, 4, 85-90.
Fennema, E. L.: «Mathematic learning and the sexes: A review», *Journal for Research in Mathematics Education*, 1974, 5, 126-139.
Fennema, E. L. y Sherman, J. A.: «Sex-related differences in mathematics achievement, spatial visualization and affective factors», *American Educational Research Journal*, 1977, 14, 51-71.
Fennema, E. L. y Sherman, J. A.: «Sex-related differences in mathematic achievement and related factors: A further study», *Journal for Research in Mathematics Education*, 1978, 9, 189-203.
Flavell, J. H. y Wellman, H. M.: «Metamemory», en R. V. Kail y J. W. Hagen (comps.), *Perspectives on the development of memory and cognition*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1977.
Frank, F.: «Perception and language in conservation», en J. S. Bruner, R. R. Olver y P. M. Greenfield (comps.), *Studies in cognitive growth*, Nueva York, Wiley, 1966.
Franks, J. J. y Bransford, J. D.: «Abstraction of visual patterns», *Journal of Experimental Psychology*, 1971, 90, 65-74.
Frase, L. T.: «Structural analysis of the knowledge that results from learning about text», *Journal of Educational Psychology*, 1969, 60, Monograph Supplement 6.
Frase, L. T.: «Influence of sentence order and amount of higher level text processing upon reproductive and productive memory», *American Educational Research Journal*, 1970, 7, 307-319.
Frase, L. T.: «Maintenance and control in the acquisition of knowledge form written materials», en R. O. Freedle y J. B. Carroll (comps.), *Language comprehension and the acquisition of knowledge*, Washington, D.C., Winston, 1972.
Friebergs, V. y Tulving, E.: «The effect of practice on utilization of information from positive and negative instances in concept identification», *Canadian Journal of Psychology*, 1961, 15, 101-106.

Gagné, R. M.: «Learning hierarchies», *Educational Psychology*, 1968, 6, 1-9.
Gagné, R. M. y Brown, L. T.: «Some factors in the programming of conceptual learning», *Journal of Experimental Psychology*, 1961, 62, 313-321.
Gagné, R. M. y Smith, E. C.: «A study of the effects of verbalization on problem solving», *Journal of Experimental Psychology*, 1962, 63, 12-18.
Galton, F.: *Hereditary genius*. Londres, Macmillan, 1869.
Galton, F.: *Inquiries into human faculty and its development*, Londres, Macmillan, 1883.
Gelernter, H.: «Realization of a geometry theorem proving machine», en *Proceedings of 1959 international conference on information processing*, París, UNESCO, 1960.
Gelman, R.: «Conservation acquisition: A problem of learning to attend to the relevant attributes», *Journal of Experimental Child Psychology*, 1969, 7, 67-87.
Gelman, R. y Gallistel, C. R.: *The child's understanding of number*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1978.
Getzels, J. W. y Jackson, P. W.: «The highly intelligent and the highly creative adolescent: A summary of some research findings», en C. W. Taylor y F. Barron (comps.), *Scientific Creativity: Its Recognition and Development*, Nueva York, Wiley, 1963.
Glaser, R. y Resnick, L. B.: «Instructional psychology», *Annual Review of Psychology*, 1972, 23, 207-276.
Glucksberg, S. y Danks, J.: «Effects of discriminative labels and of nonsense labels upon availability of novel function», *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1968, 7, 72-76.
Glucksberg. S. y Weisberg, R. W.: «Verbal behavior and problem solving: Some effects of labeling in a functional fixedness problem», *Journal of Experimental Psychology*, 1966, 71, 659-664.
Goldberg, R. A., Schwartz, S. y Stewart, M.: «Individual differences in cognitive processes», *Journal of Educational Psychology*, 1977, 69, 9-14.
Goldschmidt, M.: «The role of experience in the rate and sequence of cognitive development», en D. R. Green, M. Ford y G. Flammer (comps.), *Measurement and Piaget*, Nueva York, McGraw-Hill, 1971.
Goldstein, I.: «Developing a computational representation for problem-solving skills», en D. T. Tuma y F. Reif (comps.), *Problem solving and education: Issues in teaching and learning*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1980.
Goldstein, I. y Brown, J. S.: «The computer as a personal assistant for learning», en J. Lochhead and J. Clement (comps.), *Cognitive process instruction*, Filadelfia, Franklin Institute Press, 1979.
Gordon, W. J. J.: *Synectics*, Nueva York, Harper & Row, 1961.
Greenblatt, R. B., Eastlake, D. E. y Crocker, S. D.: «The Greenblat chess program», *Proceedings of the 1967 joint computer conference*, 1967, 30, 801-810.
Greeno, J. G.: «The structure of memory and the process of solving problems,» en R. L. Solso (comp.), *Contemporary issues in cognitive psychology: The Loyola symposium*, Washington, D. C., Winston, 1973.
Greeno, J. G.: «Hobbits and orcs: Acquisition of a sequential concept», *Cognitive Psychology*, 1974, 6, 270-292.
Greeno, J. G.: «Cognitive objectives of instruction: Theory of knowledge for solving problems and answering questions», en D. Klahr (comp.), *Cognition and instruction*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1976.
Greeno, J. G.: «Natures of problem solving abilities», en W. K. Estes (comp.), *Handbook of learning and cognitive processes*, Vol. 5, Hillsdale, N.J., Erlbaum, 1978a.
Greeno, J. G.: «A study of problem solving», en R. Glaser (comp.), *Advances in Instructional Psychology*, Vol. 1. Hillsdale, N.J., Erlbaum, 1978b.
Greeno, J. G.: «Some examples of cognitive task analysis with instructional implications», en R. E. Snow, P. Federico y W. E. Montague (comps.), *Aptitude, learning, and instruction*, Vol. 2, Hillsdale, N.J., Erlbaum, 1980.
Greeno, J. G.: «Trends in the theory of knowledge for problem solving», en D. T. Tuma y F. Reif (comps.), *Problem solving and education: Issues in teaching and learning*, Hillsdale, N.J., Erlbaum, 1980.
Gregg, L. W. y Simon, H. A.: «Process models and stochastic theories of simple concept formation», *Journal of Mathematical Psychology*, 1967, 4, 246-276.
Griggs, R. A.: *Logical errors in comprehending set inclusion relations in meaningful text*, N.º 74-7, Bloomington: Indiana University Mathematical Psychology Program, 1974.

Groen, G. J. y Parkman, J. M.: «A chronometric analysis of simple addition», *Psychological Review*, 1972, 79, 329-343.
Guilford, J. P.: «The three faces of intellect», *American Psychologist*, 1959, 14, 469-479.
Guilford, J. P.: *The nature of human intelligence*, Nueva York, McGraw-Hill, 1967.
Gur, R. E., Gur, R. C. y Harris, L.: «Cerebral activation as measured by sujects' lateral eye movements is influenced by experimenter location», *Neuropsychologia*, 1975, 15, 35-44.
Guthrie, E. R. y Horton, G. P.: *Cats in a puzzle box*, Nueva York, Holt, Rinehart y Winston, 1946.

Haber, R.: «Eidetic images», *Scientific American*, Abril 1969, 36-44, Separata 522.
Harlow, H. F.: «The formation of learning sets», *Psychological Review*, 1949, 56, 51-56.
Harlow, H. F. y Harlow, M. K.: «Learning to think», *Scientific American*, Agosto 1949, 36-39. Separata 415.
Hayes, J. R.: «Problem topology and the solution process», *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1965, 4, 371-379.
Hayes, J. R.: «Memory, goals, and problem solving», en B. Kleinmuntz (comp.), *Problem solving: Research, method, and theory*, Nueva York, Wiley, 1966.
Hayes, J. R.: *Cognitive psychology*, Homewood, Ill., Dorsey, 1978.
Hayes, J. R.: «Teaching problem-solving mechanisms», en D. T. Tuma y F. Reif (comps.), *Problem solving and education: Issues in teaching and learning*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1980.
Hayes, J. R.: *The complete problem solver*, Filadelfia: Franklin Institute Press, 1981.
Hayes, J. R. y Simon, H. A.: «Understanding written instructions», en L. W. Gregg (comp.), *Knowledge and cognition*, Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 1974.
Hayes, J. R. y Simon, H. A.: «Psychological differences among problem isomorphs», en N. J. Castellan, D. B. Pisoni y G. R. Potts (comps.), *Cognitive theory*, Vol. 2, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1977.
Hayes, J. R., Waterman, D. A. y Robinson, C. S.: «Identifying relevant aspects of a problem text», *Cognitive Science*, 1977, 1, 297-313.
Haygood, R. C. y Bourne, L. E. (h.): «Attribute and rule learning aspects of conceptual behavior», *Psychological Review*, 1965, 72, 175-195.
Haygood, R. C., Harbert, T. L. y Omlor, J. A.: «Intradimensional variability and concept learning», *Journal of Experimental Psychology*, 1970, 83, 216-219.
Haygood, R. C. y Stevenson, M.: «Effects of number of irrelevant dimensions in nonconjunctive concept learning», *Journal of Experimental Psychology*, 1967, 74, 302-304.
Heffley, E., Wickens, C. y Donchin, E.: «Intramodality selective attention and P300: Reexamination in a visual monitoring task», *Psychophysiology*, 1978, 15, 269-270.
Heidbreder, E.: «The attainment of concepts: I. Terminology and methodology», *Journal of General Psychology*, 1946, 35, 173-189.
Heidbreder, E.: «The attainment of concepts: III. The process», *Journal of Psychology*, 1947, 24, 93-108.
Heider, E. R.: *The Dugum Dani: A Papuan culture in the highlands of West New Guinea*, Chicago, Aldine, 1970.
Heider, E. R.: «Universals in color naming and memory», *Journal of Experimental Psychology*, 1972, 93, 10-20.

Heider, E. R. y Oliver, D. C.: «The structure of the color space in naming and memory for two languages», *Cognitive Psychology*, 1972, 3, 337-354.
Hilgard, E. R., Ergren, R. D. e Irvine, R. P.: «Errors in transfer following learning by understanding: Further studies with Katona's card trick experiments», *Journal of Experimental Psychology*, 1954, 47, 457-464.
Hilgard, E. R. Irvine, R. P. y Whipple, J. E.: «Rote memorization, understanding, and transfer: An extension of Katona's card trick experiment», *Journal of Experimental Psychology*, 1953, 46, 288-292.
Hilton, T. L. y Berglund, G. W.: «Sex differences in mathematics achievement: A longitudinal study», *Journal of Educational Research*, 1974, 67, 231-237.
Hinsley, D., Hayes, J. R. y Simon, H. A.: «From words to equations», en P. Carpenter y M. Just (comps.), *Cognitive processes in comprehension*, Hillsdale. N. J., Erlbaum, 1977.
Hofstadter, D. R.: *Godel, Escher, Bach: An eternal golden braid*, Nueva York, Vintage Books, 1980.
Hogaboam, T. W. y Pellegrino, J. W.: «Hunting for individual differences in cognitive processes: Verbal ability and semantic processing of pictures and words», *Memory & Cognition*, 1978, 6, 189-193.
Holtzman, T. G., Glaser, R. y Pellegrino, J. W.: «Process training derived from a computer simulation theory», *Memory and Cognition*, 1976, 4, 349-356.
Hull, C. L.: «Quantitative aspects of the evolution of concepts», *Psychological Monographs*, 1920, 28, N.° 123.
Hull, C. L.: *Principles of behavior*. Nueva York, Appleton-Century-Crofts, 1943.
Hulse, S., Deese, J. y Egeth, H.: *The psychology of learning*, Nueva York, McGraw-Hill, 1975. [Hay traducción castellana: *Psicología del aprendizaje*, Colina, 1982.]
Humphrey, G.: *Thinking: An introduction to its experimental psychology*, Nueva York, Wiley, 1963.
Hunt, E.: «The mechanisms of verbal ability», *Psychological Review*, 1978, 85, 109-130.
Hunt, E. G., Frost, N. y Lunneborg, C. L.: «Individual differences in cognition: A new approach to intelligence», en G. Bower (comp.), *Advances in learning and motivation*, Vol. 7, Nueva York, Academic Press, 1973.
Hunt, E., Lunneborg, C. y Lewis, J.: «What does it mean to be high verbal?» *Cognitive Psychology*, 1975, 7, 194-227.
Hunt, E. y MacLeod, C. M.: «The sentence-picture verification paradigm: A case study of two conflicting approaches to individual differences», en R. J. Sternberg y D. K. Determan (comps.), *Human intelligence*, Norwood, N.J., Albex, 1979.
Hunt, E. B., Martin, J. y Stone, P. I.: *Experiments in induction*, Nueva York, Academic Press, 1966.
Huttenlocher, J.: «Constructing spatial images: A strategy in reasoning», *Psychological Review*, 1968, 75, 550-560.
Hyman, R. y Frost, N.: «Gradients and schema in pattern recognition», en P. M. A. Rabbitt (comp.), *Attention and performance*. Vol. 5, Nueva York, Academic Press, 1974.

Inhelder, B. y Piaget, J.: *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*, Nueva York, Basic Books, 1958. (A. Parson y S. Milgram. Traducs.; 1.ª edición

francesa 1955.) [Hay traducción castellana: *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*, Paidós, 1982.]

Jacobson, E.: «Electrophysiology of mental activity», *American Journal of Psychology*, 1932, 44, 677-694.
James., W.: *The principles of psychology*, Nueva York, Holt, Rinehart y Winston, 1890.
Janis, I. L. y Frick, F.: «The relationship between attitudes toward conclusions and errors in judging logical validity of syllogisms», *Journal of Experimental Psychology*, 1943, 33, 73-77.
Jeffries, R., Polson, P. G., Razran, L. y Atwood, M. E.: «A process model for missionaries-cannibals and other river-crossing problems», *Cognitive Psychology*, 1977, 9, 412-440.
Jenkins, J. J.: «Remember that old theory of memory? Well, forget it!» *American Psychologist*, 1974, 29, 785-795.
John, E. R. y Schwartz, E. L.: «The neurophysiology of information processing and cognition», en M. R. Rosenweig y L. W. Porter (comps.), *Annual Review of Psychology*. Vol. 29, Palo Alto, Calif., Annual Reviews, 1978.
Johnson, D. M.: *A systematic introduction to the psychology of thinking*, Nueva York, Harper & Row, 1972.
Johnson, R. E.: «Recall of prose as a function of the structural importance of linguistic units», *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1970, 9, 12-20.
Johnson-Laird, P. N., Legrenzi, P., y Legrenzi, M.: «Reasoning and a sense of reality», *British Journal of Psychology*, 1972, 63, 395-400.
Johnson-Laird, P. N. y Steedman, M.: «The psychology of syllogisms», *Cognitive Psychology*, 1978, 10, 64-99.
Johnson-Laird, P. N. y Wason, P. C.: «A theoretical analysis of insight into a reasoning task», en P. N. Johnson-Laird y P. C. Wason (comps.), *Thinking: Readings in Cognitive Science*. Cambridge, Inglaterra, Cambridge University Press, 1977.
Judson, A. I. y Cofer, C. N.: «Reasoning as an associative process: I. "Direction" in a simple verbal problem», *Psychological Reports*, 1956, 2, 469-476.
Just, M. A. y Carpenter, P. A.: «Comprehension of negation with quantification», *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1971, 10, 244-253.
Just, M. A. y Carpenter, P. A.: «Eye fixations and cognitive processes», *Cognitive Psychology*, 1976, 8, 441-480.

Kahneman, D. y Tversky, A.: «On the psychology of prediction», *Psychological Review*, 1973, 80, 237-251.
Kahneman, D. y Tversky, A.: «On the interpretation of intuitive probability: A reply to Jonathan Cohen», *Cognition*, 1979, 7, 409-411.
Kail, R.: *The development of memory in children*, San Francisco, W. H. Freeman y Cía. 1979.
Katona, G.: «Organizing and memorizing: A reply to Dr. Melton», *American Journal of Psychology*, 1942, 55, 273-275.
Kendler, H. H. y D'Amato, M. F.: «A comparison of reversal and nonreversal shifts in human concept information», *Journal of Experimental Psychology*, 1955, 49, 165-174.

Kendler, H. H. y Kendler, T. S.: «Inferential behavior in preschool children», *Journal of Experimental Psychology*, 1956, 51, 311-314.
Kendler, H. H. y Kendler, T. S.: «Vertical and horizontal processes in problem solving», *Psychological Review*, 1962a, 69, 1-16.
Kendler, H. H. y Kendler, T. S.: «From discrimination learning to cognitive development: A neobehavioristic odyssey», en W. K. Estes (comp.), *Handbook of learning and cognitive processes*, Vol. 1, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1975.
Kendler, T. S. y Kendler, H. H.: «Reversal and nonreversal shifts in kindergarten children», *Journal of Experimental Psychology*, 1959, 58, 56-60.
Kendler, T. S. y Kendler, H. H.: «Inferential behavior as a function of subgoal constancy and age», *Journal of Experimental Psychology*, 1962b, 64, 460-466.
Kinsbourne, M.: «Eye and head turning indicates cerebral lateralization», *Science*, 1972, 176, 539-541.
Kinsbourne, M.: «Direction of gaze and distribution of cerebral thought processes», *Neuropsychologia*, 1974, 12, 279-281.
Kintsch, W.: «Notes on the structure of semantic memory», en E. Tulving y W. Donaldson (comps.), *Organization of memory*, Nueva York, 1972.
Kintsch, W.: *The representation of meaning in memory*, Hillsdale, N.J., Erlbaum, 1974.
Kintsch, W.: «Memory for prose», en C. N. Cofer (comp.), *The structure of human memory*, San Francisco, W. H. Freeman y Cía., 1976.
Klahr, D.: «Goal formation, planning, and learning by pre-school problem solvers or "My Socks are in the Dryer."» en R. S. Siegler (comp.), *Children's thinking: What develops?* Hillsdale, N.J., Erlbaum, 1978.
Klahr, D. y Wallace, J. G.: *Cognitive development: An information processing view*. Hillsdale, N.J., Erlbaum, 1976.
Klatzky, R.: *Human memory*, (2.ª ed.), San Francisco, W. H. Freeman y Cía., 1980.
Kocel, K., Galin D., Ornstein, R. y Merrin, R.: «Lateral eye movement and cognitive mode», *Psychonomic Science*, 1972, 27, 223-224.
Kohler, W.: *The mentality of apes*, Nueva York, Harcourt Brace Jovanovich, 1925.
Kohler, W.: *Gestalt psychology*, Nueva York, Liveright, 1929.
Kohler, W.: *The task of Gestalt psychology*, Princeton, N. J., Princeton University Press. 1969.
Kotovsky, K. y Simon, H. A.: «Empirical tests of a theory of human acquisition of concepts for sequential patterns», *Cognitive Psychology*, 1973, 4, 399-424.
Kuhn, D.: «Inducing development experimentally: Components on a research paradigm», *Developmental Psychology*, 1974, 10, 590-600.
Kulpe, O.: «The modern psychology of thinking», en J. M. Mandler y G. Mandler (comps.), *Thinking: From association to Gestalt*, Nueva York: Wiley, 1964. (1.ª edición alemana, 1912.)

Landauer, T. K. y Meyer, D. E.: «Category size and semantic-memory retrieval», *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1972, 11, 539-549.
Larkin, J. H.: «Information processing models and science instruction», en J. Lochhead y J. Clement (comps.), *Cognitive process instruction*, Filadelfia, Franklin Institute Press, 1979.
Larkin, J. H.: «Teaching problem solving in physics: The psychological laboratory and the practical classroom», en D. T. Tuma y F. Reif (comps.), *Problem solving and*

education: Issues in teaching and research, Hillsdale, N.J., Erlbaum, 1980.
Larkin, J. H., McDermott, J., Simon, D. P. y Simon, H. A.: «Expert and novice performance in solving physics problems», *Science*, 1980, 208, 1335-1342.
Lefford, A.: «The influence of emotional subject matter on logical reasoning», *Journal of General Psychology*, 1946, 34, 127-151.
Lenneburg, E. H.: «A probabilistic approach to language learning», *Behavioral Science*, 1957, 2, 1-12.
Levine, M.: «Hypothesis behavior by humans during discrimination learning», *Journal of Experimental Psychology*, 1966, 71, 331-338.
Levine, M.: *A cognitive theory of learning*, Hillsdale, N.J., Erlbaum, 1975.
Lewis, C.: «Skill in algebra», en J. R. Anderson (comp.), *Cognitive skills and their acquisition*, Hillsdale, N.J., Erlbaum, 1981.
Lindsay, P. H. y Norman, D. A.: *Human information processing: An introduction to psychology*, Nueva York, Academic Press, 1972.
Lochhead, J.: «An introduction to cognitive process instruction», en J. Lochhead y J. Clement (comps.), *Cognitive process instruction*, Filadelfia, Franklin Institute Press, 1979.
Loftus, E. F. y Suppes, P.: «Structural variables that determine problem-solving difficulty in computer-assisted instruction», *Journal of Educational Psychology*, 1972, 63, 531-542.
Luchins, A. S.: «Mechanization in problem solving», *Psychological Monographs*, 1942, 54:6, Whole No. 248.
Luchins, A. S. y Luchins, E. H.: «New experimental attempts at preventing mechanization in problem solving», *Journal of General Psychology*, 1950, 42, 279-297.
Luchins, A. S. y Luchins, E. H.: *Wertheimer's seminars revisited: Problem solving and thinking*, Albany, State University of Nueva York, 1970.

Maccoby, E. y Jacklin, C.: *Psychology of sex differences*, Stanford, Calif., Stanford University Press, 1974.
MacLeod, C. M., Hunt, E. B. y Mathews, N. N.: «Individual differences in the verification of sentence-picture relationships», *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1978, 17, 493-508.
Maier, N. R. F.: «Reasoning in Humans I: On direction», *Journal of Comparative Psychology*, 1930, 10, 115-143.
Maier, N. R. F.: «Reasoning in humans II: The solution of a problem and its appearance in consciousness», *Journal of Comparative Psychology*, 1931, 12, 181-194.
Maier, N. R. F.: «An aspect of human reasoning», *British Journal of Psychology*, 1933, 14, 144-155.
Maier, N. R. F.: «Reasoning in humans III: The mechanisms of equivalent stimuli of reasoning», *Journal of Experimental Psychology*, 1945, 35, 349-360.
Maier, N. R. F. y Burke, R. J.: «Response availability as a factor in the problem-solving performance of males and females», *Journal of Personality and Social Psychology*, 1967, 5, 304-310.
Maltzman, I.: «Thinking: From a behavioristic point of view», *Psychological Review*, 1955, 62, 275-286.
Maltzman, I. y Morrisett, L.: «Different strengths of set in solution of anagrams», *Journal of Experimental Psychology*, 1952, 44, 242-246.

Maltzman, I. y Morrisett, L.: «Effects of task instructions on solution of different classes of anagrams», *Journal of Experimental Psychology*, 1953, 45, 351-354.
Mandler, J. M. y Mandler, G.: *Thinking: From association to Gestalt*, Nueva York, Wiley, 1964.
Mansfield, R. S., Busse, T. V. y Krepelka, E. J.: «The effectiveness of creativity training», *Review of Educational Research*, 1978, 48, 517-536.
Marbe, K.: «The psychology of judgments», en J. M. Mandler y G. Mandler (comps.), *Thinking: From association to Gestalt*, Nueva York, Wiley, 1964. (1.ª edición alemana, 1901.)
Marshall, S.: *Sex differences in children's mathematical achievement*, Santa Barbara, Calif., University of California, Department of Psychology, 1980.
Martin, E. y Roberts, K. H.: «Sentence length and sentence retention in the free-learning situation», *Psychonomic Science*, 1967, 8, 535-536.
Matz, M.: «Towards a computational theory of algebraic competence», *Journal of Children's Mathematical Behavior*, 1980, 3, 531-542.
Max, L. W.: «Experimental study of the motor theory of consciousness: III. Action-current responses in deaf-mutes during sleep, sensory stimulation, and dreams», *Journal of Comparative Psychology*, 1953, 19, 469-486.
Max, L. W.: «Experimental study of the motor theory of consciousness: IV. Action-current responses in the deaf during awakening, kinesthetic imagery and abstract thinking», *Journal of Comparative Psychology*, 1937, 24, 301-344.
Mayer, A. y Orth, J.: «The qualitative investigation of association», en J. M. Mandler y G. Mandler (comps.), *Thinking: From association to Gestalt*, Nueva York, Wiley, 1964. (1.ª edición alemana, 1901.)
Mayer, R. E.: «Different problem-solving competencies established in learning computer programming with and without meaningful models», *Journal of Educational Psychology*, 1975, 67, 725-734.
Mayer, R. E.: «Qualitatively different encoding strategies for linear reasoning premises: Evidence for single association and distance theories», *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 1979, 5, 1-10.
Mayer, R. E.: «Frequency norms and structural analysis of algebra story problems into families, categories, and templates», *Instructional Science*, 1981, 10, 135-175.
Mayer, R. E.: «Different problem-solving strategies for algebra word and equation problems», *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 1982, 8, 448-462.
Mayer, R. E. y Greeno, J. G.: «Structural differences between learning outcomes produced by different instructional methods», *Journal of Educational Psychology*, 1972, 63, 165-173.
Mayer, R. E., Larkin, J. H. y Kadane, J.: «A cognitive analysis of mathematical problem solving ability», en R. Sternberg (comp.), *Advances in the psychology of human intelligence*, Vol. 2, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1983.
Mayzner, M. S. y Tresselt, M. E.: «Anagram solution times: A funtion of letter-order and word frequency», *Journal of Experimental Psychology*, 1958, 56, 350-376.
Mayzner, M. S. y Tresselt, M. E.: «Anagram solution times: A function of transition probabilites», *Journal of Psychology*, 1959, 47, 117-125.
Mayzner, M. S. y Tresselt, M. E.: «Anagram solution times: A function of word transition probabilites», *Journal of Experimental Psychology*, 1962, 63, 510-513.

Mayzner, M. S. y Tresselt, M. E.: «Anagram solution times: A function of word length y letter position variables», *Journals of Psychology*, 1963, *55*, 469-475.
Mayzner, M. S. y Tresselt, M. E.: «Anagram solution times: A function of multiple-solution anagrams,» *Journal of Experimental Psychology*, 1966, *71*, 66-73.
McGuigan, F. J.: *Thinking: Studies of convert language processes*, Nueva York, Appleton-Century-Crofts, 1966.
McGuigan, F. J.: «Electrical measurement of covert processes as an explication of "higher mental events"», en F. J. McGuigan y R. A. Schoonover (comps.), *The psychobiology of thinking*, Nueva York, Academic Press, 1973.
McGuigan, F. J., Keller, B. y Stanton, E.: «Covert language responses during silent reading», *Journal of Educational Psychology*, 1964, *55*, 339-343.
McGuire, W. J.: «A syllogistic analysis of cognitive relationships», en M. J. Rosenberg y C. I. Hovland (comps.), *Attitude organization and change*, Nueva Haven, Conn., Yale University Press, 1960.
McKeachie, W. J. y Doyle, C. L.: *Psychology*, Reading, Mass., Addison-Wesley, 1970.
Mehler, J.: «Some effects of grammar transformations on the recall of English sentences», *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1963, *2*, 346-351.
Melton, A. W.: «Review of Katona's *Organizing and memorizing*», *American Journal of Psychology*, 1941, *54*, 455-457.
Messer, A.: «Experimental-Psychological investigations on thinking», en J. M. Mandler y G. Mandler (comps.), *Thinking: From association to Gestalt*, Nueva York, Wiley, 1964 (1ª edición alemana, 1906.)
Metzler, J. y Shepard, R. N.: «Transformational studies of the internal representation of three-dimensional objects», en R. L. Solso (comp.), *Theories in cognitive psychology: The Loyola Symposium*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1974.
Meyer, B. J. F.: *The organization of prose and its effects on memory*, Amsterdam, Holanda Septentrional, 1975.
Meyer, B. J. F.: «The structure of prose: Effects on learning and memory and implications for educational practice», en R. C. Anderson, R. J. Spiro y W. E. Montague (comps.), *Schooling and the acquisition of knowledge*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1977.
Meyer, B. J. F. y McConkie, G. W.: «What is recalled after hearing a passage?», *Journal of Educational Psychology*, 1973, *65*, 109-117.
Meyer, D. E.: «On the representation and retrieval of stored semantic information», *Cognitive Psychology*, 1970, *1*, 242-300.
Miller, G. A.: «Some psychological studies of grammar», *American Psychologist*, 1962, *17*, 748-762.
Miller, G. A., Galanter, E. y Pribram, K. H.: *Plans and the structure of behavior*, [Hay traducción castellana: *Planes y estructura de la conducta*, Debate, 1983], Nueva York, Holt, Rinehart y Winston, 1960.
Miller, G. A. y Selfridge, J. A.: «Verbal context and the recall of meaningful material, *American Journal of Psychology*, 1950, *63*, 176-185.
Minsky, M.: «A framework for representing knowledge», en P. H. Winston (comp.), *The psychology of computer vision*, Nueva York, McGraw-Hill, 1975.
Moeser, S. D. y Tarrant, B. L.: «Learning a network of comparisons», *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 1977, 643-659.
Morgan, J. J. B. y Morton, J. T.: «The distortion of syllogistic reasoning produced by personal convictions», *Journal of Social Psychology*, 1944, *20*, 39-59.
Murray, F. B.: «Teaching strategies and conservation training», en A. M. Lesgold, J. W. Pellegrino, S. D. Fokkema y R. Glaser (comps.), *Cognitive psychology and instruction*, Nueva York, Plenum Press, 1978.
Myers, R. E. y Torrance, E. P.: *Invitations to thinking and doing*, Boston, Ginn, 1964.

Nair, P.: *An experiment in conservation*, Cambridge, Mass., Harvard University Center for Cognitive Studies, Annual Report, 1963.
National Educational Association: *The Central Purpose of American Education*, Washington, D. C., National Educational Association, 1961. (Reproducido en A. E. Lawson. *The psychology of thinking for thinking and creativity*, Columbus, Ohio: ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education, 1979.)
Neimark, E. D. y Santa, J. L.: «Thinking and concept attainment», en M. R. Rosenzweig y L. W. Porter (comps.), *Annual Review of Psychology*, Vol. 26, Palo Alto, Calif., Annual Reviews, 1975.
Neisser, U.: *Cognitive Psychology*, Nueva York, Appleton-Century-Crofts, 1967.
Neisser, U. y Lazar, R.: «Searching for novel targets», *Perceptual Motor Skills*, 1964, *19*, 427-432.
Neisser, U., Novick, R. y Lazar, R.: «Searching for ten targets simultaneously», *Perceptual Motor Skills*, 1963, *17*, 955-961.
Neumann, P. G.: «Visual prototype formation with discontinuous representation of dimensions of variability», *Memory and Cognition*, 1977, *5*, 187-197.
Newell, A., Shaw, J. C. y Simon, H. A.: «Empirical exploration of the logic theory machine: A case study in heuristics», *Proceedings of the joint computer conference*, 1957, 218-230.
Newell, A., Shaw, J. C. y Simon, H. A.: «Chess-playing programs and the problem of complexity», *IBM Journal of Research and Development*, 1958, *2*, 320-335.
Newell, A. y Simon, H. A.: *Human problem solving*, Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1972.
Newport, E. L. y Bellugi, U.: «Linguistic expression of category levels in a visual-gestural language: A flower is a flower is a flower», en E. Rosch y B. B. Lloyd (comps.), *Cognition and categorization*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1978.
Norman, D. A.: «Cognitive engineering and education», en D. T. Tuma y F. Reif (comps.), *Problem solving and education: Issues in teaching and learning*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1980.

Olton, R. M. y Crutchfield, R. S.: «Developing the skills of productive thinking», en P. Mussen, J. Langer y M. V. Covington (comps.), *New directions in developmental psychology*, Nueva York: Holt, Rinehart y Winston, 1969.
Olver, R. R. y Hornsby, J. R.: «On equivalence», en J. S. Bruner, R. R. Olver y P. M. Greenfield (comps.), *Studies in cognitive growth*, Nueva York, Wiley, 1966.
Osborn, A. F.: *Applied imagination*, Nueva York, Scribner's, 1963.
Osgood, C. E.: «A behavioral analysis of perception and language as cognitive phenomena», en J. S. Bruner (comp.), *Contemporary approaches to cognition*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1957.

Osgood, C. E.: «Meaning cannot be an r_m?», *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1966, *5*, 402-407.
Osler, S. F. y Fivel, M. W.: «Concept attainment: I. The role of age and intelligence in concept attainment by induction», *Journal of Experimental Psychology*, 1961, *62*, 1-8.

Pachella, R. G. y Miller, J. O.: «Stimulus probability and same-different classification», *Perception and Psychophysics*, 1976, *19*, 29-34.
Paige, J. M. y Simon, H. A.: «Cognitive processes in solving algebra word problems», en B. Kleinmuntz (comp.), *Problem solving: Research, method and theory*, Nueva York, Wiley, 1966.
Paivio, A.: *Imagery and verbal processes*, Nueva York, Holt, Rinehart y Winston, 1971.
Palermo, D. S.: «Word associations and children's verbal behavior», en L. P. Lipsitt y C. C. Spiker (comps.), *Advances in child development and behavior*, Vol. 1, Nueva York, Academic Press, 1963.
Palermo, D. S. y Jenkins, J. J.: *Word association norms: Grade school trough college*, Minneapolis, University of Minnesota Press, 1963.
Papert, S. y Solomon, C.: *Twenty things to do with a computer*, Cambridge, Mass., AI Laboratory Report AI-M-248, 1971.
Parnes, S. J.: *Creative behavior guidebook*, Nueva York, Scribner's, 1967.
Parrott, G. L.: *The effects of instructions, transfer, and content on reasoning time*, tesis inédita de graduación, Michigan State University, 1969.
Pascaul-Leone, J.: «A mathematical model for the transition rule in Piaget's developmental stages», *Acta Psychologica*, 1970, 32, 301-345.
Pellegrino, J. W. y Glaser, R.: «Cognitive correlates and components in the analysis of individual differences», en R. J. Sternberg y D. K. Determan (comps.), *Human intelligence*, Norwood, N. J., Ablex, 1979.
Pellegrino, J. W. y Lyon, D. R.: «The components of a componential analysis», *Intelligence*, 1979, *3*, 169-186.
Penfield, W.: *The excitable cortex in conscious man*, Springfield, Ill., Thomas, 1958.
Penfield, W.: «Consciousness, memory, and man's conditioned reflexes», en K. H. Pribram (comp.), *On the biology of learning*, Nueva York, Harcourt Brace Jovanovich, 1969.
Peterson, L. R. y Peterson, M. J.: «Short-term retention of individual verbal items», *Journal of Experimental Psychology*, 1959, *58*, 193-198.
Phillips, J. L.: *The origins of intellect: Piaget's theory*, San Francisco, W. H. Freeman y Cía., 1969. [Hay traducción castellana: *Los orígenes del intelecto, según Piaget*, Fontanella, 1970.]
Piaget, J.: *Judgment and reasoning in the child*, Nueva York, Harcourt Brace Jovanovich, 1926. (M. Worden, Trad.) 1ª edición francesa, 1924.
Piaget, J.: *The moral judgment of the child*, Nueva York, Harcourt Brace Jovanovich, 1932. (M. Gabain, Trad.) [Hay traducción castellana: *El criterio moral en el niño*, Fontanella, 1983.]
Piaget, J.: *Play, dreams and imitation in childhood*, Nueva York, Norton, 1951. (C. Gattegno y F. M. Hodgson, Trad., 1ª edición francesa, 1945.)
Piaget, J.: *The child's conception of number*, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1952. (C. Gattegno y F. M. Hodgson, trad., 1ª edición francesa, 1941.) [Hay traducción castellana: *El desarrollo de las cantidades en el niño*, Hogar del Libro, 1982.]

Piaget, J.: *The origins of intelligence in children*, Nueva York, International Universities Press., 1952. (M. Cook, trad., 1ª edición francesa, 1936).
Piaget, J.: *The construction of reality in the child*, Nueva York, Basic Books, 1954. (M. Cook, Trad. 1ª edición francesa, 1937.)
Piaget, J. e Inhelder, B.: *The child's conception of space*, Londres, Routledge & Kegan Paul, 1956. (F. J. Langdon y J. L. Lunzer, Trad., 1ª edición francesa, 1948.)
Pichert, J. y Anderson, R. C.: «Taking different perspectives on a story», *Journal of Educational Psychology*, 1977, *69*, 309-315.
Poincaré, H.: «Mathematical creation», en *The foundations of science* (G. H. Halstead, Trad.). Nueva York, Science Press, 1913.
Pollio, H. R. y Reinhart, D.: «Rules and counting behavior», *Cognitive Psychology*, 1970, *1*, 388-402.
Polya, G.: *How to solve it*, Garden City, N.Y., Doubleday Anchor, 1957.
Polya, G.: «Mathematical discovery», Vol. II: *On understanding, learning and teaching problem solving*, Nueva York, Wiley, 1968.
Pople, H.: «Problem solving: An exercise in synthetic reasoning», *Proceedings of the fifth international joint conference on artificial intelligence*, Pittsburgh, Carnegie-Mellon University, 1977.
Popper, K. R.: *The logic of scientific discovery*, Nueva York, Harper & Row, 1959.
Posner, M. I.: «Abstraction and the process of recognition», en G. H. Bower y J. T. Spence (comps.), *The psychology of learning and motivation*, Vol. 3, Nueva York, Academic Press, 1969.
Posner, M. I.: *Cognition: An introduction*, Glenview, Ill., Scott, Foresman, 1973.
Posner, M. I.: *Chronometric explorations of mind*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1978.
Posner, M. I., Boies, S. J., Eichelman, W. H. y Taylor, R. L.: «Retention of visual and name codes of single letters», *Journal of Experimental Psychology*, 1969, *79*, 1-16.
Posner, M. I. y Keele, S. W.: «On the genesis of abstract ideas», *Journal of Experimental Psychology*, 1968, *77*, 353-363.
Posner, M. I. y Keele, S. W.: «Retention of abstract ideas», *Journal of Experimental Psychology*, 1970, *83*, 304-308.
Posner, M. I., Lewis, J., y Conrad, C.: «Component processes in reading: A performance analysis», en J. Kavanaugh e I. Mattingly (comps.), *Language by ear and by eye*, Cambridge, Mass., M.I.T. Press, 1972.
Posner, M. I. y Mitchell, R. F.: «Chronometric analysis of classification», *Psychological Review*, 1967, *74*, 392-409.
Potts, G. R.: «Information processing strategies used in the encoding of linear orderings», *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1972, *11*, 727-740.
Potts, G. R.: «Storing and retrieving information about ordered relationships», *Journal of Experimental Psychology*, 1974, *103*, 431-439.
Potts, G. R.: «The role of inference in memory for real and artificial information», en R. Revlin y R. E. Mayer (comps.), *Human Reasoning* , Washington, D.C., Winston/Wiley, 1978.
Preston, M. S., Guthrie, J. T. y Childs, B.: «Visual evoked responses in normal and disabled readers», *Psychophysiology*, 1974, *11*, 452-457.

Raaheim, K.: «Problem solving and past experience», en P. H. Mussen (comp.), «Eu-

ropean research in cognitive development», *Monograph Supplement of the Society for Research on Child Development*, 1965, *30*, Nº 2.
Raeburn, V. P.: «Priorities in item recognition», *Memory and Cognition*, 1974, *2*, 663-669.
Razran, G. H. S.: «Conditioned responses in children: A behavioral and quantitative critical review of experimental studies», *Archives of Psychology*, 1933, Nº 14.
Reed, S. K.: «Pattern recognition and categorization», *Cognitive Psychology*, 1972, *3*, 382-407.
Reed, S. K., Ernsrt, G. W. y Banerjii, R.: «The role of analogy in transfer between similar problem states», *Cognitive Psychology*, 1974, *6*, 436-450.
Rees, H. J. e Israel, H. E.: «An investigation of the establishment and operation of mental sets», *Psychological Monographs*, 1935, *46*, No. 210.
Reese, H. W.: «Verbal mediation as a function of age level», *Psychological Bulletin*, 1962, *59*, 502-509.
Reif, F.: «Theoretical and educational concerns with problem solving: Bridging the gaps with human cognitive engineering», en D. T. Tuma y F. Reif (comps.), *Problem solving and education: Issues in teaching and research*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1980.
Reitman, W. R.: *Cognition and thought: An information processing approach*, Nueva York, Wiley, 1965.
Reitman, W. R., Grove, R. B. y Shoup, R. G.: «Argus: An information processing model of thinking», *Behavioral Science*, 1964, *9*, 270-281.
Resnick, L. B.: «Task analysis in instructional design: Some cases from mathematics», en D. Klahr (comp.), *Cognition and instruction*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1976.
Restle, F.: «A metric and an ordering on sets», *Psychometrika*, 1959, *57*, 9-14.
Restle, F.: «The selection of strategies in cue learning», *Psychological Review*, 1962, *69*, 329-343.
Restle, F.: «Theory of serial pattern learning: Structural trees», *Psychological Review*, 1970, *77*, 481-495.
Restle, F. y Davis, J. H.: «Success and speed of problem solving by individuals and groups», *Psychological Review*, 1962, *69*, 520-536.
Restle, F. Greeno, J. G.: *Introduction to mathematical psychology*. Reading, Mass., Addison-Wesley, 1970.
Revlin, R. y Leirer, V. O.: «The effect personal biases on syllogistic reasoning: Rational decisions from personalized representations», en R. Revlin y R. E. Mayer (comps.), *Human reasoning*, Washington, D. C., Winston/Wiley, 1978.
Revlin, R. y Leirer, V. O.: «Understanding quantified categorical expressions», *Memory and Cognition*, 1980, *8*, 447-458.
Revlis, R.: «Two models of syllogistic reasoning: Feature selection and conversion», *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1975, *14*, 180-195.
Riley, C. A.: «The representation of comparative and the transitive inference task», *Journal of Experimental Child Psychology*, 1976, *22*, 1-22.
Riley, C. A. y Trabasso, T.: «Comparatives, logical structures and encoding in a transitive inference task», *Journal of Experimental Child Psychology*, 1974, *17*, 187-203.
Riley, M. S. y Greeno, J. G.: *Importance of semantic structure in the difficulty of arithmetic word problems*, trabajo presentado a la Midwestern Psychological Association, Chicago, mayo 1978.

Rips, L. J., y Marcus, S. L.: «Suppositions and the analysis of conditional sentences», en M. A. Just y P. A. Carpenter (comps), *Cognitive processes in comprehension*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1977.
Rips, L. J., Shoben, E. J. y Smith, E. E.: «Semantic distance and the verification of semantic relations», *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1973, *12*, 1-20.
Robinson, C. S., y Hayes, J. R.: «Making inferences about relevance in understanding problems», en R. Revlin y R. E. Mayer (comps.), *Human reasoning*, Washington, Winston/Wiley, 1978.
Rogers, C. R.: *On becoming a person: A therapist's view of psychotherapy*, Boston, Houghton Mifflin, 1961. [Hay traducción castellana: *El proceso de convertirse en persona*, Paidós, 1982.]
Rosch, E. H.: «Natural categories», *Cognitive Psychology*, 1973, *4*, 328-350.
Rosch, E.: «Cognitive representations of semantic categories», *Journal of Experimental Psychology: General*, 1975, *104*, 192-233.
Rosch, E.: «Principles of categorization», en E. Rosch y B. B. Lloyd (comps.), *Cognition and categorization*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1978.
Rosch, E. y Mervis, C. B.: «Family resemblances: Studies in the internal structure of categories», *Cognitive Psychology*, 1975, *7*, 573-605.
Rosch, E. H., Mervis, C. B., Gray, W. D., Johnson, D. M. y Boyes-Braem, P.: «Basic objects in natural categories», *Cognitive Psychology*, 1976, *8*, 382-439.
Rosenthal, R. y Jacobson, L.: *Pygmalion in the classroom*, Nueva York, Holt, Rinehart y Winston, 1968.
Roughead, W. G., y Scandura, J. M.: «What is learned in mathematical discovery», *Journal of Educational Psychology*, 1968, *59*, 283-289.
Rubinstein, M. F.: *Patterns of problem-solving*, Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1975.
Rubinstein, M. F.: «A decade of experience in teaching an interdisciplinary problem-solving course», en D. T. Tuma y F. Reif (comps.), *Problem solving and education: Issues in teaching and research*. Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1980.
Ruger, H.: «The psychology of efficiency», *Archives of Psychology*, 1910, Nº 15.
Rumelhart, D. E.: «Notes on a schema for stories», en D. G. Brown y A. Collins (comps.), *Representation and understanding: Studies in cognitive science*, Nueva York, Academic Press, 1975.
Rumelhart, D. E. y Abrahamson, A. A.: «A model for analogical reasoning», *Cognitive Psychology*, 1973, *5*, 1-28.
Rumelhart, D. E., Lindsay, P. H. y Norman, D. A.: «A process model for long-term memory», en E. Tulving y W. Donaldson (comps.), *Organization of memory*, Nueva York, Academic Press, 1972.

Sachs, J. D. S.: «Recognition memory for syntactic and semantic aspects of connected discourse», *Perception and Psychophysics*, 1967, *2*, 437-442.
Safren, M. A.: «Associations, set, and the solution of word problems», *Journal of Experimental Psychology*, 1962, *64*, 40-45.
Samuel, A. L.: «Some studies in machine learning using the game of checkers», en E. A. Feigenbaum y J. Feldman (comps.), *Computers and thought*, Nueva York, McGraw-Hill, 1963.

Sapir, E.: *Culture, language, and personality*, Berkeley, University of California Press, 1960.
Saugstad, P. y Raaheim, K.: «Problem solving, past experience and availability of functions», *British Journal of Psychology*, 1960, *51*, 97-104.
Schallert, D. L.: «Improving memory for prose: The relationship between depth of processing and context», *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1976, *15*, 621-632.
Schank, R. C. y Abelson, R. P.: *Scripts, plans, goals, and understanding*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1977.
Schoenfeld, H. H.: «Explicit heuristic training as a variable in problem solving performance», *Journal for Research in Mathematics Education*, 1979, *10*, 173-187.
Scholz, K. W. y Potts, G. R.: «Cognitive processing of linear orderings», *Journal of Experimental Psychology*, 1974, *102*, 323-326.
Scriven, M.: «Comments», en R. C. Anderson, R. Spiro y W. E. Montague (comps.), *Schooling and the acquisition of knowledge*, Hillsdale, N.J., Erlbaum, 1977.
Sells, S. B.: «The atmosphere effect: An experimental study of reasoning», *Archives of Psychology*, 1936, N° 200.
Selz, O.: «The revision of the fundamental conceptions of intellectual processes», en J. M. Mandler y G. Mandler (comps.), *Thinking: From association to Gestalt*, Nueva York, Wiley, 1964. (1ª edición alemana, 1913.)
Shepard, R.: «Form, formation, and transformation of internal representations», en R. L. Solso (comp.), *Information processing and cognition: The Loyola Symposium*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1975.
Shepard, R. N. y Metzler, J.: «Mental rotation of three-dimensional objects», *Science*, 1971, *171*, 701-703.
Shields, D. T.: «Brain responses to stimuli in disorders of information processing», *Journal of Learning Disabilities*, 1973, *6*, 501-505.
Shortliffe, E.: *Computer-based medical consultations: MYCIN*, Nueva York, Elsevier, 1976.
Shulman, L. S.: «Psychological controversies in the teaching of science and mathematics», *Science Teacher*, 1968, *35*, 34-38, 89-90.
Shulman, L. S. y Keisler, E. R. (comps.), *Learning by discovery*, Chicago, Rand McNally, 1966.
Siegler, R. S.: «The origins of the scientific reasoning», en R. S. Siegler (comp.), *Children's thinking: What develops?*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1978.
Siegler, R. S.: «Three aspects of cognitive development», *Cognitive Psychology*, 1976, *4*, 481-520.
Simon, D. P., y Simon, H. A.: «Individual differences in solving physics problems», en R. S. Siegler (comp.), *Children's thinking: What develops?*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1978.
Simon, D. P. y Simon, H. A.: «A tale of two protocols», en J. Lochhead y J. Clement (comps.), *Cognitive process instruction*, Filadelfia, Franklin Institute Press, 1979.
Simon, H. A.: «An information processing theory of intellectual development», en W. Kessen y C. Kohlman (comps.), *Thought in the young child. Society for Research in Child Development Monographs*, 1962, *27* (2), 150-155.
Simon, H. A.: «The architecture of complexity», en H. A. Simon, *The Sciences of the Artificial*, Cambridge, Mass., M.I.T. Press, 1969. [Hay traducción castellana: *Las ciencias de lo artificial*, Asesoría Técnica de Ediciones, 1979.]

Simon, H. A.: «Information processing theory of human problem solving», en W. K. Estes (comp.), *Handbook of learning and cognitive processes*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1978.
Simon, H. A.: *Models of thought*, Nueva Haven, Conn., Yale University Press, 1979.
Simon, H. A.: «Problem solving and education», en D. T. Tuma y F. Reif (comps.), *Problem solving and education: Issues in teaching and learning*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1980.
Simon, H. A. y Hayes, J. R.: «The understanding process: Problem isomorphs», *Cognitive Psychology*, 1976, *8*, 165-190.
Simon, H. A. y Kotovsky, K.: «Human acquisition of concepts for sequential patterns», *Psychological Review*, 1963, *70*, 534-546.
Simon, H. A. y Reed, S. K.: «Modeling strategy shifts in a problem solving task», *Cognitive Psychology*, 1976, *8*, 86-97.
Skemp, R. R.: *The psychology of learning mathematics*, Harmondsworth, Inglaterra, Penguin Books, 1971. [Hay traducción castellana: *Psicología del aprendizaje de las matemáticas*, Morata, 1980.]
Skinner, B. F.: *Verbal behavior*, Nueva York, Appleton-Century-Crofts, 1957.
Smith, E. E., Shoben, E. J. y Rips, L. J.: «Structure and process in semantic memory: a feature model of semantic decisions», *Psychological Review*, 1974, *81*, 214-241.
Soloway, E., Lochhead, J. y Clement, J.: «Does computer programming enhance problem-solving ability? Some positive evidence on algebra word problems», en R. J. Seidel, R. E. Anderson y B. Hunter (comps.), *Computer literacy*, Nueva York, Academic Press, 1982.
Spearman, C.: «General intelligence objectively determined and measured», *American Journal of Psychology*, 1904, *15*, 201-293.
Spearman, C.: *The abilities of man*, Nueva York, Macmillan, 1927.
Staudenmayer, H.: «Understanding conditional reasoning with meaningful propositions», en R. J. Falmagne (comp.), *Reasoning: Representation and process in children and adults*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1975.
Staudenmayer, H. y Bourne, L. E.: «The nature of denied propositions in the conditional sentence reasoning task: Interpretation and learning», en R. Revlin y R. E. Mayer (comps.), *Human reasoning*, Nueva York, Wiley/Winston, 1978.
Sternberg, R. J.: *Intelligence, information processing, and analogical reasoning*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1977.
Sternberg, R. J.: «The nature of mental abilities», *American Psychologist*, 1979, *34*, 214-230.
Sternberg, R. J.: «Componentman as vice-president: A reply to Pellegrino and Lyon's analysis of The components of a componential analysis», *Intelligence*, 1980, *4*, 83-95.
Sternberg, R. J., Guyote, M. J. y Turner, M. E.: «Deductive reasoning», en R. E. Snow, P. Federico y W. E. Montague (comps.), *Aptitude, learning, and instruction*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1980.
Sternberg, S.: «High speed scanning in human memory», *Science*, 1966, 153, 652-654.
Sternberg, S.: «The discovery of processing stages: Extensions of Donders method», *Acta Psychologica*, 1969, *30*, 276-315.

Sternberg, S.: «Memory scanning: New findings and current controversies», *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1975, *27*, 1-32.
Stevens, A. L. y Collins, A.: «Multiple conceptual models of a complex system», en R. E. Snow, P. Federico y W. E. Montague (comps.), *Aptitude, learning and instruction*, Vol. 2, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1980.
Stratton, R. P.: «Atmosphere and conversion errors in syllogistic reasoning with contextual material and the effect of differential training», Tesis inédita de graduación. Michigan State University, 1967.
Strauss, S.: «Inducing cognitive development and learning: A review of short-term training experiments», *Cognition*, 1972, *1*, 329-357.
Suchman, J. R.: «Inquiry training in the elementary school», *Science Teacher*, 1960, *27*, 42-47.
Suchman, J. R.: *Inquiry development program in physical science*, Chicago, Science Research Associates, 1966.
Suchman, J. R.: *Evaluating inquiry in physical science*, Chicago, Science Research Associates, 1969.
Suppes, P., Loftus, E. F. y Jerman, M.: «Problem-solving on a computer-based teletype», *Educational Studies in Mathematics*, 1969, *2*, 1-15.
Sussman, G. J. y Stallman, R. M.: «Heuristic techniques in computer aided circuit analysis», *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, 1975, *22*, nº 11.
Sutton, S., Braren, M., Zubin, J. y John, E. R.: «Evoked potencial correlates of stimulus uncertainty», *Science*, 1965, *150*, 1187-1188.

Taplin, J. E. y Staudenmayer, H.: «Interpretation of abstract conditional sentences in deductive reasoning», *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 1973, *12*, 530-542.
Taylor, D. T., Berry, P. C. y Block, C. H.: «Does group participation when using brainstorming facilitate or inhibit creative thinking?» *Administrator's Science Quarterly*, 1958, *3*, 23-47.
Thomas. J. C., h.: «An analysis of behavior in the hobbits-orcs problem», *Cognitive Psychology*, 1974, *6*, 257-269.
Thorndike, E. L.: «Animal intelligence: An experimental study of the associative processes in animals», *Psychological Monographs*, 1898, *2*, n.º 8.
Thorndike, E. L.: *Animal intelligence*, Nueva York, Macmillan, 1911.
Thorndike, E. L. y Lorge, I.: *A teacher's word book of 30,000 words*, Nueva York, Columbia University Press, 1944.
Thorndyke, P. W.: «Cognitive structures in comprehension and memory of narrative discourse», *Cognitive Psychology*, 1977, *9*, 77-110.
Thornton, C. A.: «Emphasizing thinking strategies in basic fact instruction», *Journal for Research in Mathematics Education*, 1978, *9*, 214-227.
Thurstone, L. L.: *Primary mental abilities*, Chicago: University of Chicago Press, 1938.
Torrance, E. P.: *Torrance tests of creative thinking*, Princeton, N. J., Personnel Press, 1966.
Torrance, E. P.: «Can we teach children to think creatively?», *Journal of Creative Behavior*, 1972, *6*, 114-143.
Trabasso, T. R.: «Stimulus emphasis and all-or-none learning in concept identification», *Journal of Experimental Psychology*, 1963, *65*, 398-406.

Trabasso, T. R. y Bower, G. H.: «Presolution reversal and dimensional shifts in concept identification», *Journal of Experimental Psychology*, 1964, *67*, 398-399.
Trabasso, T. R. y Bower, G. H.: *Attention in learning*, Nueva York, Wiley, 1968.
Trabasso, T., Isen, A. M., Dolecki, P., McLanahan, A. G. Riley, C. A. y Tucker, T.: «How do children solve class-inclusion problems?», en R. S. Siegler (comp.), *Children's thinking: What develops?*, Hillsdale, N. J., Erlbaum, 1978.
Trabasso, T. R., Rollins, H. y Shaughnessy, E.: «Storage and verification stages in processing concepts», *Cognitive Psychology*, 1971, *2*, 239-289.
Treffinger, D. J. y Gowan, J. C.: «An updated representative list of methods and educational programs for stimulating creavity», *Journal of Creative Behavior*, 1971, *5*, 127-139.
Tresselt, M. E. y Mayzner, M. S.: «Normative solution times for a sample of 134 solution words and 378 associated anagrams», *Psychonomic Monograph Supplement* n.º *15*, 1966, *1*, 293-298.
Turing, A. M.: «Computing machinery and intelligence», *Mind*, 1950, *59*, 433-450.
Tversky, A. y Kahneman, D.: «Availability: A heuristic for judging frecuency and probability», *Cognitive Psychology*, 1973, *5*, 207-232.
Tversky, A. y Kahneman, D.: «Judgment under uncertainty: heuristics and biases», *Science*, 1974, *125*, 1124-1131.

Underwood, B. J.: «False recognition produced by implicit verbal responses, *Journal of Experimental Psychology*, 1965, *70*, 122-129.
Underwood, B. J. y Richardson, J.: «Some verbal materials for the study of concept formation», *Psychological Bulletin*, 1956, *53*, 84-95.

Vervalin, C. H.: «Just what is creavity?» en G. A. Davis y J. A. Scott (comps.), *Training Creative Thinking*, Huntington, N. Y., Krieger, 1978.

Walker, C. M. y Bourne, L. E.: «The identifications of concepts as a function of amount of relevant and irrelevant information», *American Journal of Psychology*, 1961, *74*, 410-417.
Wallas, G.: *The art of thought*, Nueva York, Harcout Brace Jovanovich, 1926.
Wason, P. C.: «Reasoning», en B. M. Foss (comp.), *New Horizons in Psychology*, Harmondsworth, Inglaterra, Penguin, 1966.
Wason, P. C.: «Reasoning about a rule», *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1968, *20*, 273-281.
Wason, P. C. y Johnson-Laird, P. N.: *Psychology of reasoning: Structure and content*, Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1972. [Hay traducción castellana: *Psicología del razonamiento*, Debate 1981.]
Watson, J. B.: *Behaviorism*, Nueva York, Norton, 1930. [Hay traducción castellana: *El conductismo*, Buenos Aires, Paidós, 1955.]
Watt, H. J.: «Experimental contribution to a theory of thinking», en J. M. Mandler y G. Mandler (comps.), *Thinking: From association to Gestalt*, Nueva York, Wiley, 1964. (1.ª edición publicada en el *Journal of Anatomical Physiology*, 1905, *40*, 257-266.)
Weiner, N.: *Cybernetics*, Nueva York, Wiley, 1948.
Weir, M. W. y Stevenson, H. W.: «The effect of verbalization in children's learning

as a function of chronological age», *Child Development*, 1959, *30*, 143-149.
Weisberg, R. y Suls, J.: «An information processing model of Duncker's candle problem», *Cognitive Psychology*, 1973, *4*, 255-276.
Weisskopf-Joelson, E. y Eliseo, T. S.: «An experimental study of the study of the effectiveness of brainstorming», *Journal of Applied Psychology*, 1961, *45*, 45-49.
Weitzman, B.: «Behavior therapy and psychotherapy», *Psychological Review*, 1967, *74*, 300-317.
Weizenbaum, J.: «Contextual understanding by computers», en P. A. Kolers y M. Eden (comps.), *Recognizing patterns*, Cambridge, M.I.T. Press, 1968.
Werner, H. y Kaplan, E.: «The acquisition of word meanings: A developmental study», *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 1952, *15*, n.º 51, vii.
Wetheimer, M.: *Productive thinking*, Nueva York, Harper & Row, 1959.
White, S. H.: «Learning», en H. W. Stevenson (comp.), *Child psychology, 62nd Yearbook of the National Society of Social Studies Educators, Part 1*, Chicago, University of Chicago Press, 1963.
White, S. H.: «Evidence for a hierarchical arrangement of learning processes», en L. P. Lipsitt y C. C. Spiker (comps.), *Advances in child development and behavior*, Vol. 2, New York, Academic Press, 1965.
Whorf, B.: *Language, thought, and reality*, Cambridge, Mass., M.I.T. Press, 1956. [Hay traducción castellana: *Lenguaje, pensamiento y realidad*, Borral Editores, 1971.]
Wickelgren, W. A.: «How to solve problems», *Elements of a theory of problems and problem solving*, San Francisco: W. H. Freeman y Cía., 1974.
Wickens, T. D. y Millward, R. B.: «Attribute elimination strategies for concept identification with practiced subjects», *Journal of Mathematical Psychology*, 1971, *8*, 453-480.
Wilkins, M. C.: «The effect of changed material on ability to do formal syllogistic reasoning», *Archives of Psychology*, 1928, n.º 102.
Winograd, T.: «A program for understanding natural language», *Cognitive Psychology*, 1972, *3*, 1-192.
Winston, P. H.: *The psychology of computer vision*, Nueva York, McGraw-Hill, 1975.
Winston, P. H.: *Artificial intelligence*, Reading, Mass., Addison-Wesley, 1977.
Wittrock, M. C.: «The learning by discovery hypothesis», en L. S. Shulman y E. R. Keisler (comps.), *Learning by discovery*, Chicago, Rand McNally, 1966.
Wittrock, M. C.: *The brain and psychology*, Nueva York, Academic Press, 1980.
Wittrock, M. C., Marks, C. y Doctorow, M.: «Reading as a generative process», *Journal of Educational Psychology*, 1975, *67*, 484-489.
Woodrow, H. y Lowell, F.: «Children's association frecuency tables», *Psychological Monographs*, 1916, *22*, n.º 5 (Todo el n.º 97).
Woodworth, R. S. y Sells, S. B.: «An atmosphere effect in formal syllogistic reasoning, *Journal of Experimental Psychology*, 1935, *18*, 451-460.
Worden, P. E.: «The development of the category-recall function under three retrieval conditions», *Child Development*, 1974, *45*, 1054-1059.
Wundt, W.: *An introduction to psychology*, Nueva York, Arno Press, 1973 (1.ª edición alemana 1911).

Zangwill, O. L.: «Remembering revisited», *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1972, *24*, 123-138.
Zobrist, A. L. y Carlson, F. R.: «An advice-taking chess computer», *Scientific American*, junio 1973, 92-105.

Indice analítico

abstracción
— de prototipos visuales, 129-135
— en aprendizaje
— — de conceptos, 115
— — verbal, 256-261
— lingüística, 256-261
acomodación, 306-308
ACT, modelo de cognición, 284
actividad
— cerebral, 42-45; *véase también* correlatos fisiológicos del pensamiento
— efecto en resolución de problemas, 97-99
— eléctrica
— — de los músculos, 40-42
— — del cerebro, 42-45
— muscular como medida de pensamiento, 40-42
adaptación, 306-308
ajedrez, 332, 369, 399
ajuste, 289-291
álgebra, problemas con narración, 99, 100, 101-102, 405-439
algoritmos, 197-198
anagramas, 33-34, 46, 47-50
análisis
— de averiguación final, 205-219
— de texto, 262-263
— proposicional, 264-266, 269
aprendizaje, *véase también* entrenamiento
— de reglas, 109-144
— de respuestas, 35, 36-37
— de «todo o nada», 115
— patrón serial, 137-139
— por comprensión, *véase* pensamiento productivo
— por juego, 85
— significativo, 93-94; *véase también* pensamiento productivo
aproximación al inglés, 254, 255
árbol de decisión secuencial, 128
aritmética, 94-95, 421-429
asimilación
— problemas de imparidad, 91-92
— y errores lógicos, 151-152
— y resultados en aprendizaje, 94
— y teoría
— — de Bartlett, 250-252
— — de Piaget, 306-308
— — del significado, 92-93
asociación libre, 17-19, 28, 301-303
asociacionismo
— escuela de Wurzburg, 28-29
— filosofía, 25-26
— solución de problemas, 33-51

— teoría de la Gestalt, 56
— y aprendizaje, 33-51
— — de conceptos, 112-115
atención, 115
atmósfera, efecto, 154
atomismo, 26, 28
Aviso, *véase* memoria

bloques conceptuales, 103-104
búsqueda
— autofinalizada, 230
— de estrategias espacio del problema, 205-209
— exhaustiva, 230

caja rompecabezas, 34-37
cambio
— invertido, 115-117
— no invertido, 115-117
capacidad
— cognitiva, *véase* inteligencia
— mental, *véase también* inteligencia
— — distribución normal, 350-351
— — primaria, 351
— — — de Thurstone, 353
— verbal, 353-362
categorías
— artificiales, 109-129
— del nivel básico, 292-293
— efectos del tamaño, 283
— naturales, 287-293
— semánticas, 287-293
— visuales, 129-135
cibernética, 192-195
circuitos realimentados, 190-192
cognición, *véase* pensamiento
componentes cognitivos en la teoría de la inteligencia, 362-368
comprensión, 245-276
— de oraciones, 234-241, 252-262
— de pasajes, 262-275
— estructural, *véase insight*
computación, 94-95, 422-429
concepto
— aprendizaje de, 109-129; *véase también* categorías
— formación, 109-111
— identificación, 110
concretización, 94-97
conjunto de resolución de problemas, 50, 53-54, 74-81; *véase también* fijeza funcional
conocimiento
— con significado, 93-94
— declarativo, 284
— esquemático, 411-421
— estratégico, 429-430
— lingüístico, 409-411
— mecánico, 93, 284
— operatorio, 421-429
— previo, *véase* experiencia pasada
— semántico, 409-411
consistencia cognitiva, 153
conversión no válida, 155, 156, 158, 162-165
correlatos fisiológicos del pensamiento
— actividad
— — cerebral, 42-45
— — muscular, 40-42
— fijación ocular, 239, 240, 241
— lateralidad de la mirada, 41-42
— transmisión neural rápida, 222-223
creatividad, 375-402
cronometría mental, 221-242

decodificación, 226-227, 356-357
deducciones lógicas, 145-184
desarrollo cognitivo, 301-343
descubrimiento en aprendizaje, 62, 63, 97-99
diagramas de Venn, 149, 160
diferencias entre expertos y novatos, 368-373
dirección en resolución de problemas, 28, 87-88
distancia semántica, 285-286
dominancia de claves, 118-121
dominancias
— jerarquía, 118-120
— nivel, 120-121

E-R psicológico, *véase* asociacionismo
efecto de atmósfera, 154
egocentrismo, 312, 314
Einstellung, 74, 76, 96; *véase también* rigidez en resolución de problemas
empirismo, 26, 28
enfoque psicométrico, 349-353, 375-378
ensayo y error, 35
entrenamiento
— para aritmética, 94-95
— para creatividad, 379-402
— para desarrollo cognitivo, 339-343
«Epistemología genética», 304
equilibración, 306-308
errores
— de contenido, 151, 152-154

— de distribución del término medio, 151
— de forma, 151, 152, 154-158
— de premisas particulares, 152, 154
— lógicos, *véase* falacia
esfuerzo en pos del significado, 251
espacio del problema, 202-205
esquema
— en comprensión de pasajes, 92, 245-276
— en desarrollo cognitivo, 304-308
— en resolución de problemas matemáticos, 411-421
estadios
— en desarrollo cognitivo, 308-319
— en resolución de problemas, 63-74
— — matemáticos, 408-409
estrategias
— búsqueda en problemas de espacio, 205-209
— en aprendizaje de conceptos, 121-125
— en creatividad, 379-402
— en desarrollo cognitivo, 325-338
— en resolución de problemas matemáticos, 428-430
estructura
— categórica, parecido de familia, 291-292
— del intelecto, 353, 354
— del objetivo, 213-215
— jerárquica del pensamiento, 195n
— profunda, 253
— superficial, 253
etiquetado, *véase* rotulación
experiencia pasada
— en comprensión de pasajes, 270-275
— en expertos, 368-373
— en resolución de problemas
— — efectos
— — — negativos, 74-81
— — — positivos, 74-81
— — matemáticos, 408-409
— en simulación por computadora, 199-200

falacia
— correlación ilusoria, 141
— de premisas particulares, 152, 154
— de término medio sin distribuir, 154; *véase también* fallas
— del jugador, 142
— errores de contenido, 151, 152-154
fallas
— en computación, 426-427
— en resolución de problemas, 427-429
familia jerarquizada de hábitos, 36-38, 45-50, 112
fenómenos de «en la punta de la lengua», 279-281
fijeza funcional, 76-81
formación de conceptos, 109-129
frecuencia de juicios, 140-141

geometría, 66, 67, 101-102
gráficos de flujo, 192-194, 224, 422
gramática
— de caso, 266-269
— de la narración, 268-269
— universal, 253
grupo Wurzburg, 27-28
guiones, 269-270
heurística, 198; *véase también* estrategias
hipótesis de Whorf, 294-297
homeostasis, 193-194

ideas geniales, 381
imágenes
— de tests, 345
— eidéticas, 323-327
— en aprendizaje de conceptos, 129-135
— en razonamiento lineal, 173-177
— en representación de problemas, 17-18, 99-101
— en tareas de rotación mental, 231-233
— en teoría
— — aristotética, 26
— — de Paivio, 261-262
incubación, 54, 64-65
inducción, 109-144
ingeniería cognitiva, 401
insight, 38, 53-54, 56, 64-65
introspección, 17-18, 27-29; *véase también* protocolos de pensamiento en voz alta
instrucción de proceso cognitivo, 401; *véase también* entrenamiento
inteligencia, 345-373
— artificial, 196-197
— diferencias individuales, 345-373

jerarquía de las dominancias, 118-120
juicios, 140-143
— de probabilidad, 141-143
— frecuencia, 140-141

lateralidad
— de la mirada, 41-42
— del cerebro, 41-42; *véase también* correlatos fisiológicos del pensamiento
lectura

— comprehensión, 236-241
— de codificación, 226-227, 357-358
lenguaje
— por signos, 293-294
— simulación por computadora, 187-191
— teoría de Chomsky, 252-253
— y edades diferentes, 301-303
— y pensamiento, 294-297
ley
— de ejercitación, 37
— del efecto, 37
leyes de asociación de Aristóteles, 26
listado de atributos, 379-381

macroacciones, 203
mecanización del pensamiento, 26, 28, 50, 54, 74-81, 96
mediación, 38
memoria
— a corto plazo, 199-200, 356-362
— a largo plazo, 199-200, 356-362
— en pasajes, 245-276
— esquemática, 252
— narrativa, efectos de nivelación, 262-266
— operativa, 199-200, 326-333, 358; *véase también* experiencia pasada
— semántica, 277-293
— tareas de barrido (Stenberg), 228-231, 359
metamemoria, 342-343
método
— de reproducción serial, 250
— de sustracción, 357
modelo
— comprensivo de lenguaje enseñable, 281-283
— de activación extendida, 284
— de cognición ACT, 284
— de representación, 319
modelos
— concretos
— — en aprendizaje por descubrimientos, 62-65
— — en razonamiento condicional, 172-173
— — en resolución de problemas, 94-97
— de procedimiento, 221-242, 422-427
— de rasgos de memoria
— — semántica, 285-287
— — visual, 129-135
— de red, 281-284
— de verificación de hipótesis, 125-127
— matemáticos
— — aprendizaje de conceptos, 125-127
— — de etapas en resolución de problemas, 70
monos, resolución de problemas, 38, 54, 85-87
movimiento ocular durante el pensamiento, 41-42, 241, 323-327

nivel de dominancia, 120-121

objetivos
— estructura, 213-215
— pila de, 211-212
objeto permanente, 309
operaciones
— concretas, 312-313, 316-317
— formales, 317-319
oración-dibujo, tarea de verificación, 234-241, 261
oraciones nucleares, 254-256

paralógica espacial, 174-175
pasaje
— de globos, 246-247
— de la guerra de los fantasmas, 248-251
— del lavado de las ropas, 271
patrón serial de aprendizaje, 137-139
pensamiento
— como discurso suboral, 40
— como representación de problemas, 91-144
— convergente, 376
— definición, 20-21
— divergente, 376-378
— en base a los deseos, 153
— en la psicología, 22-23
— espacial, *véase* imágenes
— historia de la investigación, 25-30
— mecanización, 26, 28, 50, 54, 74-81, 96
— movimiento ocular durante, 41-42, 241, 323-327
— por simulación de computadora, 187-219
— preoperacional en teoría de Piaget, 312-319
— productivo, 56-63
— reproductivo, 56; *véase también* rigidez en resolución de problemas
— «sin imágenes», 28
— tema principal, 23-25
— teoría
— — centralista, 42-45
— — periférica, 40-42
— visual, *véase* imágenes
período
— preoperacional, 312-319
— sensoriomotor, 309-312

pila de objetivos, 211-212
plan
— en la ejecución, 194
— en la resolución de problemas, 65
potenciales de acontecimientos relacionados, 43-45
premisa, 151
problema
— bien definido, 19-20
— criptoaritmético, 74-76, 190
— de la caja (Duncker), 78
— de la hilera de dígitos, 57, 331-332
— de la jarra de agua, 74-76, 206-207
— de la pirámide truncada (Polya), 66
— de la torre de Hanoi, 20, 97-99, 202-204, 218, 236
— de las dos cuerdas, 79-81, 87
— de los discos, *véase* problema de la torre de Hanoi
— de los nueve puntos, 104
— de los palillos (Katona), 53, 55, 60-61
— definición, 18-20
— del corazón y el lazo, 45
— del espía (Hayes), 70, 71
— del paralelogramo, 57, 58
— del tumor (Duncker), 67
— espacio, 202-205
— representación, 98-104
— tipología, 19, 20
problemas
— cinemáticos, 370-373
— con analogías, tarea de análisis, 362-368
— de adición, 422-427
— de álgebra con narración, 99, 100, 101-102, 405-439
— de compleción de series, 135-137
— de equilibrio, 333-337
— de imparidad, 85-86, 91-92
— de resta, 426-427
— matemáticos, resolución, 405-439
— — diferencias por sexo, 430-437
— — efectos del número de horas de televisión, 437, 438
— MOVE, 188-191
— resolución
— — en niños, 117, 301-343
— — rigidez, 50, 53-54, 74-81
— subobjetivos, 69
procedimientos
— en prosa, 245-276
— en resolución de problemas matemáticos, 421-429
procesamiento
— paralelo, 229
— serial, 229
programa
— BUGGY, 427
— de pensamiento productivo, 387-395
— ESTUDIANTE, 410-412
— INTERNISTA, 399
— MYCIN, 399
— TOTE, 193-194
— UNDERSTAND, 200-202
programación de computadoras, 94
Programas de Evaluación de California, 406, 432, 437, 438
proposiciones
— en comprensión de pasaje, 262-266
— en razonamiento categórico, 148-151
protocolos de pensamiento en voz alta, 17-19, 28, 190, 280, 370-373, 383-387
prototipos; *véase también* esquema
— verbales, 256-261
— visuales, 129-135
pruebas de conservación
— ejemplos, 312-313, 316-317
— entrenamiento, 339-343
psicología cognitiva, 22

racionalización, 251
razonamiento
— analógico, 362-368
— categórico, 148-168
— científico, *véase* operaciones formales
— condicional, 169-173
— deductivo, 145-184
— general de test, 346
— inductivo, 109-144
— inferencial, *véase* razonamiento deductivo
— lineal, 173-183
— lógico
— — deducción, 145-184
— — en test, 347
— — entrenamiento, 342
— — inducción, 109-144
reacciones circulares, 310n
recuerdo genérico, 280
reestructuración, *véase* reordenación
reglas de transformación, 253
relatividad lingüística, 294-297
reordenación, 56, 67-68
representación icónica, 319
resolución de problemas, 50, 53-54, 74-81, 405-439; *véase también* pensamiento

— en monos, 38, 54, 85-87
— rigidez, 50, 53-54, 74-81
— rotulación y, 61
respuesta
— dominancia, 47-50
— jerarquizada, *véase* familia jerarquizada de hábitos
— mediatizada, 38
respuestas
— a preguntas, 277-287
— encubiertas, 38-40
— estereotipadas, 45-47
reversibilidad, 313, 316-317
rigidez en resolución de problemas, 50, 53-54, 74-81
rompecabezas de Thorndike, 34-37
rotulación
— en aprendizaje y recuerdo, 251-253
— y memoria por colores, 294-297
— y resolución de problemas, 61

semántica, 253-254
silogismos
— categóricos, 148-168
— condicionales, 169-173
— lineales, 173-183
simulación
— de lenguaje natural, 187-191
— de pensamiento computado, 187-219
sintaxis, 253-254
sistema
— de producción, 215-217
— procesador de información, 197-200, 325-338, 353-362
solucionador general de problemas, 217-218
subir la cuesta, 205-208
subobjetivos
— en análisis de medios y fines, 203, 209-212
— en desarrollo cognitivo, 338
— reformulación de problemas, 69-74
subrutina, 197-198

tabla de conexiones, 212-213
tareas
— analógicas, 362-368
— de compleción de series de letras, 136
— de concordancia de letras, 225-228, 357
— de reorganización, 53-54
— de rotación mental, 231-236
— de verificación, 234-241, 261
técnica de la sustracción de Donders, 222-223
«tendencia determinante», 28
teoría
— de Chomsky, 252-253
— de la continuidad, 112-115
— de la discontinuidad, 112, 115-118
— de la Gestalt, 53-89
— — organización, 55-56
— de la inteligencia, rasgos, 349-353
— de los correlatos cognitivos, 353-362
— de los dos factores de Spearman, 351
— de los esquemas lógicos de Bartlett, 250-252
— del desarrollo cognitivo de Piaget, 304-319
— — organización, 306-308
— del lenguaje de Skinner, 253
— del pensamiento
— — conductista, 40-41
— — de Selz, 29-30
— — periférica, 40-42
— del reforzamiento, 37; *véanse también* asociacionismo, familia jerarquizada de hábitos
— del significado, 92-93
— generativa del lenguaje, 253
test
— de asociación de palabras, 17-19, 28, 301-303
— de capacidad mental, 345-347, 349-353
— de inteligencia de Binet, 350-353
— de las caras, 131, 133-135
— de Turing, 197
— de visualización, 346
— flexibilidad de cierre, 345
tiempo de reacción, 221-234
— de discriminación, 221-223
— de elección, 222
— simples, 221-223
toma de decisión, 140-143
trabajo hacia atrás, 65, 203
transferencia, 56-63, 94
— negativa, 76
— positiva, 83
transmisión neural rápida, 222-223

Indice de nombres

Abelson, R. P., 269, 275, 276
Abrahamson, A. A., 140
Ach, N., 28
Adams, J., 256
Adams, J. L., 103, 104
Adamson, R. E., 78-81
Anastasi, A., 379
Anderson, J. R., 51, 134, 172, 278, 284, 297
Anderson, R. C., 272-274, 276
Aristóteles, 26
Atwood, M. E., 206-208, 209
Austin, G. A., 121-125, 143, 287
Ausubel, D. P., 93, 105, 275

Backman, M. E., 432
Bahlke, S. J., 289
Bakan, P., 41
Baker, A., 42
Banerji, R., 200
Bartlett, F. C., 22, 74, 76-77, 92, 105, 249-252, 262, 266, 275, 276
Battersby, W. S., 88
Battig, W. F., 128
Baum, M. H., 120
Begg, I., 154, 262
Beilin, H., 49, 339
Bellugi, U., 293
Benbow, C., 434-437
Bender, M. B., 88
Benton, A. L., 324
Berglund, G. W., 432
Berko, J., 281-302, 323
Berlin, B., 296
Berlyne, D. E., 39, 51
Bernard, J. E., 428, 430
Berry, P. C., 382
Binet, A., 350-351
Birch, H. G., 54, 79-80, 85, 87
Birenbaum, S., 231
Bjork, R. A., 137, 138
Block, C. H., 382
Bloom, B. S., 382-387, 403
Bobrow, D. G., 189, 410
Boies, S. J., 225, 357
Boring, E. G., 348
Bouchard, T. J., 382
Bourne, L. E., Jr., 128, 129, 144
Bower, G. H., 51, 117-118, 121, 278
Boyes-Braem, P., 292
Brainerd, C. J., 332
Bransford, J. D., 93, 131-132, 245-247, 256-257, 259, 261, 262, 270, 272, 274, 276
Braren, M., 43
Braun, H. W., 324

Broder, L. J., 382-387, 402
Brown, A. L., 342, 368
Brown, F. P., 352
Brown, J. S., 191, 426-427
Brown, L. T., 97-98
Brown, R. W., 280, 294, 296, 301-302, 323
Brownell, W. A., 95-96
Bruner, J. S., 22, 62-63, 121-125, 144, 287, 317-323
Bryant, P. E., 342
Buchanan, B., 191
Bundy, A., 429
Burke, R. J., 102, 103
Buros, O. K., 347
Burrows, D., 231
Burton, R., 191, 426-427
Busse, T. V., 392, 394

Campbell, J., 382
Campione, J. C., 368
Carmichael, L. L., 251-252, 297
Carpenter, P. A., 237, 239-241
Carpenter, T. P., 398, 406
Carroll, J. B., 348
Carry, L. R., 428, 430
Case, R., 325, 327, 329-331
Cavanagh, J. P., 231
Ceraso, J., 161, 165
Clark, E. V., 297
Clark, H. H., 99, 177-179, 236-239, 297
Clement, J., 402, 413-414
Clifton, C., 231
Cofer, C. N., 88, 91
Cohen, L. J., 143
Colby, K. M., 187, 190
Collins, A. M., 184, 191, 281-285
Conrad, C., 225-227, 284
Cooper, L. A., 231-232, 234, 236
Corbitt, M. K., 406
Corman, B. R., 62
Covington, M. V., 388, 390-391, 393
Crawford, R. P., 379-381
Cronback, L. J., 348
Crutchfield, R. S., 388, 390-392

Chapman, J. P., 141, 155, 157-158, 161
Chapman, L. J., 141, 155, 157-158, 161, 162
Chapman, R. M., 42
Chase, W. G., 236-239, 370
Chi, M. T. G., 332
Childs, B., 44
Chomsky, N., 252-253, 256

D'Amato, M. F., 115
Danks, J., 81
Dattman, P. E., 120
Davies, L. B., 389-391
Davis, G. A., 69-70, 379, 380, 382, 388, 390-391, 402
Davis, R., 428
Delgado, J. M., 42
DeLoache, J. S., 342
Denny, P., 154
DeSoto, C. B., 99, 173-177, 179
Devnich, G. E., 49
Doctorow, M., 272
Dolecki, P., 342
Dominowski, R. L., 49, 128, 144
Donchin, E., 42-45, 51
Donders, F. C., 222-223
Doob, L. W., 323
Dooling, D. J., 272
Doyle, C. L., 65
Duncan, C. P., 49, 51, 144
Duncker, K., 67-69, 75, 76-79, 81, 83, 87, 92, 99, 280
Dunnette, M. D., 382

Edwards, M. W., 382
Egan, D. E., 128
Ehrlichman, H., 42
Eichelman, W. H., 225, 357
Eisenstadt, M., 278
Ekstrand, B. R., 128, 144
Ekstrom, R. B., 345, 347
Eliseo, T. S., 382
Elkind, D., 304
Engren, R. D., 62
Erickson, J. R., 158-162
Ernst, G. W., 97, 188, 190, 198, 200, 202
Ervin, S. M., 301
Evans, J., 183
Evans, T. G. A., 140
Ewert, P. H., 97

Falmagne, R., 184
Feigenbaum, E. A., 191, 199
Feldhusen, J. F., 389
Fennema, E. L., 432, 434, 436
Fivel, M. W., 118
Flavell, J. H., 342, 344
Ford, W., 439
Frank, F., 320-321
Franklin, B., 29
Franks, J. J., 131-132, 256-257, 259, 261-262

Freibergs, V., 123, 127
French, J. W., 345, 347
Freud, S., 305
Frick, F., 152
Frost, N., 131, 355, 360

Gagné, R. M., 97-99, 364
Galanter, E., 193, 195, 223
Galin, D., 41
Gallistel, C. R., 340, 343
Galton, F., 350, 361
Geiselhart, R., 324
Gelernter, H., 190
Gelman, R., 305, 340-341, 343
Getzels, J. W., 378-380
Gilbert, J. P., 187, 190
Ginsburg, H., 344
Glaser, R., 241, 339, 361, 363, 367-368
Glucksberg, S., 81
Goetz, E. T., 272-273
Goldberg, R. A., 357
Goldschmidt, M., 339
Goodnow, J. J., 121-125, 144, 287
Gordon, W. J. J., 380-381
Gowan, J. C., 395
Gray, W. D., 292
Greenfield, P. M., 319
Greeno, J. G., 20, 93-94, 118, 125, 128, 188, 190, 199, 208, 247, 364, 400, 413, 419-420
Gregg, L. W., 190
Groen, G., 423-425
Guilford, J. P., 353-354, 376-378
Gur, R. C., 42
Gur, R. E., 42
Guthrie, E. R., 45-47
Guthrie, J. T., 44

Haber, R., 323, 327
Handel, S., 99, 174-175
Harbert, T. L., 128n
Harlow, H., 85-87
Harman, H. H., 345, 347
Harris, L., 42
Hayes, J. R., 70-71, 101, 191, 200-202, 205, 396, 407, 411, 414, 415-417, 419
Haygood, R. C., 128 y n
Heffley, E., 43
Heidbreder, E., 119-121
Heider, E. R., 295
Hilgard, E. R., 62
Hilton, T. L., 432
Hinsley, D., 407, 414, 416-417, 419

Hobbes, T., 26
Hofstadter, D. R., 195
Hogaboam, T. W., 361
Hogan, H. P., 251-252, 297
Holtzman, T. G., 368
Horn, R., 49
Hornsby, J. R., 322
Horton, G. P., 46-47
Houtman, S. E., 389
Hull, C. L., 39, 114-115, 120
Humphrey, 17, 19, 23, 26, 31
Hunt, E., 128, 241, 355-361
Huttenlocher, J., 99, 175-177, 179
Hyman, R., 131

Inhelder, B., 316-318, 333
Irvine, R. P., 62
Isen, A. M., 342
Israel, H., 120
Israel, J. B., 42-45, 50, 51

Jaastad, K., 382
Jacklin, C., 431-432, 436
Jackson, P. W., 378-380
Jacobson, E., 40
Jacobson, L., 305
James, W., 23, 148
Janis, I. L., 152
Jeffries, R., 209
Jenkins, J. J., 258, 301
John, E. R., 42-45
Johnson, D., 292
Johnson, D. M., 21, 89, 144, 145, 153, 184
Johnson, M. K., 93, 243-247, 270-272
Johnson, R. E., 262
Johnson-Laird, P. N., 89, 151, 158, 165-168, 172-174, 184
Judson, A. I., 91
Just, M. A., 239, 241-243

Kadane, J., 430
Kahneman, D., 140-144
Kail, R., 342, 344
Katona, G., 56-57, 59-62, 89
Kaplan, E., 303
Kay, P., 296
Keele, S. W., 130
Keisler, E. R., 62
Keller, B., 40
Kendler, H. H., 39, 115-117, 143, 321, 324
Kendler, T. S., 39, 115-117, 143, 321, 324
Kenney, H. J., 63, 320

Kepner, H. S., 406
Kinsbourne, M., 41
Kintsch, W., 184, 263-267
Klahr, D., 337-339
Klatzky, R., 12, 275
Kocel, K., 41
Kohler, W., 38, 54, 56, 89, 101-102
Kotovsky, K., 135-137, 190
Kovarsky, A., 278
Krepelka, E. J., 392, 394
Kuhn, D., 339
Kulpe, O., 28

Lachman, R., 272
Lambert, J. F., 97
Landauer, T. K., 283
Larkin, J. H., 209, 370-371, 373, 430
Lazar, R., 229
Lefford, A., 145, 147, 153
Legrenzi, M., 173
Legrenzi, P., 173
Leirer, O. V., 162, 165
Lenneborg, E. H., 355, 358-361
Levine, M., 126, 143
Lewis, C., 428-430
Lewis, J., 225-227, 355, 358-359, 361
Lindquist, M. M., 404
Lindsay, P. H., 197, 277-279
Lloyd, B. B., 297
Locke, J., 26
Lochhead, J., 402, 413-414
Loftus, E., 284, 417
London, M., 99, 173-175
Lorge, I., 47
Lowell, F., 299-302
Luchins, A. S., 74-76, 81, 85, 89, 95, 97, 417
Luchins, E. H., 74-75, 89, 95, 97
Lyon, D. R., 367

Maccoby, E., 431-432, 436
MacLeod, C. M., 241, 361
Maier, N. R. F., 56, 79, 82-83, 85, 87-88, 92, 102-103
Maltzman, I., 37, 39, 50
Mandler, G., 23, 27, 28, 31
Mandler, J. M., 23, 27, 28, 31
Mansfield, R. S., 392, 394
Marbe, K., 28
Marcus, S. L., 171-172
Marin, J., 128
Marks, C., 272
Marshall, S., 432-433
Martin, E., 256
Mathews, N. N., 361
Matz, M., 428
Max, L. W., 40
Mayer, A., 28
Mayer, R. E., 93-94, 182, 184, 413, 419, 421, 427, 430
Mayzner, M. S., 33, 46-49
McConkie, G. W., 262
McDermott, J., 209, 370
McGuigan, F. J., 40-42, 51
McGuire, W. J., 152-153
McKeachie, W. J., 64-65
McKnight, C. C., 428
McLanahan, A. G., 240
McNeil, D., 280
Mehler, J., 254-255
Melton, A. W., 62
Merrin, R., 41
Mervis, C. B., 292
Messer, A., 28
Metzler, J., 233, 235, 236
Meyer, B. J. F., 262-263, 266-267
Meyer, D., 283, 285
Miller, G. A., 193, 195, 223, 227, 254-256
Millward, R. B., 127
Minsky, M., 275
Mitchell, R. F., 225-227, 357
Moeser, S. D., 182-183
Montague, W., 276
Morgan, J. J. B., 154
Morrisett, L., 50
Morton, J. T., 154
Moser, H. E., 95, 96
Mullet, R. L., 272
Murray, F. B., 339-340
Myers, R. E., 389

Neimark, E. D., 162
Neisser, U., 229
Neumann, P. G., 132, 134, 135
Newell, A., 19, 97, 188-191, 198, 202, 210, 216, 217, 219
Newport, E. L., 293
Niar, P., 322
Noelting, A., 327-328
Norman, D. A., 197, 277-279, 401

Okada, R., 231
Oliver, D. C., 295
Olton, R. M., 288, 390-392
Olver, R. R., 319, 322

Omlor, J. A., 128n
Opper, S., 344
Ornstein, R., 41
Orth, J., 28
Osborn, A. F., 380-381, 389
Osgood, C. E., 39
Osler, S. F., 118

Pachella, R., 227
Paige, J. M., 99-100, 412
Paivio, A., 262
Palermo, D. S., 301
Papert, S., 191
Parkman, J. M., 423-425
Parnes, S. L., 389
Parrott, G. L., 153
Pascaul-Leone, J. A., 325, 331
Pellegrino, J. W., 241, 361, 363, 367-368
Penfield, W., 24
Peterson, L. R., 358
Peterson, M. J., 358
Phillips, J. L., 307, 312, 314, 317, 344
Piaget, J., 23, 275, 304-319, 326, 333, 342, 344
Pichert, J., 274
Poincaré, H., 64-65
Pollio, H. R., 137
Polson, P., 206-208, 209
Polya, G., 19, 21, 65-68, 87, 89, 203, 401, 429
Pople, H., 191, 399
Popper, K. P., 155
Posner, M. I., 102, 130-131, 223-228, 242, 357
Potts, G. R., 179-182
Preston, M. S., 44
Pribram, K. H., 193, 195, 223
Provitera, A., 161, 165

Quillian, M. R., 184, 281-285

Raaheim, K., 83-87
Rabinowitz, H. S., 79-80, 87
Raeburn, V. P., 231
Razran, G. H. S., 209, 324
Reed, S. K., 131-133, 200, 209
Rees, H. J., 50
Reese, H. W., 324
Reif, F., 396, 403
Reinhart, D., 137
Reitman, W., 19, 20, 190
Resnick, L. B., 339, 364, 374, 424, 439
Restle, F., 69-70, 118, 125, 138, 139
Revlin, R., 158, 162-163, 165, 184
Revlis, R., 155-156, 162-164
Reyes, M., 406
Reynolds, R. E., 272-273
Richardson, J., 120
Riley, C. A., 342
Riley, M., 420
Rips, L., 171-172, 184, 284-286, 288
Roberts, K. H., 256
Robinson, C. S., 363, 417
Rogers, C. R., 187
Rollins, H., 128
Rosch, E. H., 284, 287, 289-293, 296-297
Rosenthal, R., 305
Roughead, W. G., 98
Rubinstein, M., 395-396
Ruger, H., 45
Rumelhart, D. E., 140, 266, 271, 277

Sachs, J. D. S., 260-262
Safren, M. A., 50
Samuel, A. L., 190
Sapir, E., 294
Saugstad, P., 83-87
Scandura, J. M., 98-99
Scott, J. A., 384, 402
Scriven, M., 275
Schallert, D. L., 272-273
Schank, R. C., 269, 275, 276
Schoenfeld, A. H., 396-398, 400
Schoonover, R. A., 51
Scholtz, K. W., 182
Schwartz, E. L., 42, 44
Schwartz, S., 357
Selfridge, J. A., 254-255
Selz, O., 17-18, 28-30
Sells, S. B., 154
Shaughnessy, E., 128
Shaw, J. C., 190
Shepard, R. N., 231-236
Sherman, J. A., 432, 434, 436
Shields, D. T., 44
Shoben, E. J., 184, 284-286, 288
Shortliffe, E., 191, 399
Shulman, L. S., 62
Siegler, R. S., 333-334, 336, 338, 344
Simon, D., 369
Simon, H. A., 19, 99-100, 135-137, 188-192, 200-202, 208-210, 216, 219, 325, 369-370, 400, 401, 407, 411-412, 414, 416-417, 419
Skemp, R. R., 406
Skinner, B. F., 253
Smith, E. C., 97-98

Smith, E. E., 184, 284-286, 288
Solomon, C., 191
Soloway, E., 413-414
Spearman, C., 351, 353
Spiro, R., 276
Stallman, R. M., 191
Stanley, J., 434-437
Stanton, E., 40
Staudenmayer, H., 169-171
Steedman, M., 151, 165-168
Sternberg, R. J., 140, 183, 372
Sternberg, S., 228-231, 242, 361-368
Stevens, A. L., 191
Stevenson, H. W., 324
Stevenson, M., 128
Stewart, M., 357
Stone, P. I., 128
Stratton, R. P., 145-146, 158
Strauss, S., 339
Suchman, J. R., 288
Suls, J., 81
Suppes, P., 419
Sussman, G. J., 191
Sutherland, G., 191
Sutton, S., 43

Taplin, J. E., 169
Tarrant, B. L., 182-183
Taylor, D. T., 382
Taylor, D. W., 80-81
Taylor, R. L., 225, 357
Teuber, H. L., 88
Thomas, J. C., 73, 209
Thorndike, E. L., 24, 34-38, 45, 47, 51
Thorndyke, P. W., 268-269
Thornton, C. A., 400
Thurstone, L. L., 351, 353
Torrance, E. P., 377, 389, 394
Trabasso, T. R.,117-118, 121, 125, 128, 342
Treffinger, D. J., 389, 395
Tresselt, M. E., 33, 47-49
Tucker, T., 342
Tulving, E., 123, 127
Tuma, D. T., 403
Turing, A. M., 196
Tversky, A., 140-144

Underwood, B. J., 39, 120

Vervalin, C. H., 381

Walker, C. M., 128
Walter, A. A., 251-252, 297
Wallace, J. G., 337
Wallas, G., 64-65
Wason, P. C., 89, 172-174, 184
Waterman, D. A., 417
Watson, J. B., 40
Watt, H. J., 28
Watt, J., 187, 190
Weiner, N., 192
Weiner, S., 42
Weir, M. W., 324
Weisberg, R., 81
Weisskopf-Joelson, E., 382
Weizenbaum, J., 187, 189, 190
Wellman, H. M.. 342
Werner, H., 303
Wertheimer, M., 56-58, 89
Whipple, J. E., 62
White, S., 324-325
Whorf, B., 294
Wickelgren, W. A., 203, 205, 219
Wickens, C., 43
Wickens, T. D., 127
Wilkins, M. C., 153
Winograd, T., 191
Winston, P. H., 191, 216, 219
Wittrock, M. C., 41n, 42, 97, 272
Woodrow, H., 301-302
Woodworth, H., 154
Worden, P. E., 342
Wundt, W., 27

Zangwill, O. L., 275
Zubin, J., 43

Pensamiento, resolución de problemas y cognición es un oportuno estudio que, desde una perspectiva histórica, señala los avances de estos últimos años, al mismo tiempo que explica las teorías clásicas en la resolución de problemas. Comienza la obra con un análisis del asociacionismo y la teoría de la Gestalt. Hace una introducción a los métodos de análisis y teorías actuales centrando la atención en dos tipos específicos de problemas: inducción y deducción. Examina en detalle las más recientes teorías de la cognición humana y, por último, analiza las múltiples aplicaciones de los conocimientos adquiridos a la psicología cognitiva, poniendo un énfasis especial en la aplicación de esos conocimientos a los problemas reales de la vida; hace resaltar, además, las diferencias que existen en la capacidad intelectual humana y muestra cómo solucionar los problemas de una forma creativa.

Pensamiento, resolución de problemas y cognición es una obra dirigida ante todo al psicólogo profesional, pero que, por su lenguaje y su exposición clara y sencilla, se convierte en el vademécum de cualquier lector interesado por las nuevas ideas sobre la inteligencia, creatividad y resolución de problemas matemáticos. *Pensamiento, resolución de problemas y cognición* trata de dar un nuevo enfoque al análisis de la cognición, examinando de modo especial los procesos, el modo de actuación y la estructura del conocimiento. Tanto profesores como estudiantes de psicología cognitiva encontrarán en este libro el manual que faltaba en este vasto campo donde se estudia la estructura y las virtualidades de la inteligencia humana.

C/. Santa Marta, 1 - 36202 VIGO
Tel. 22 61 67 - Fax 22 61 67